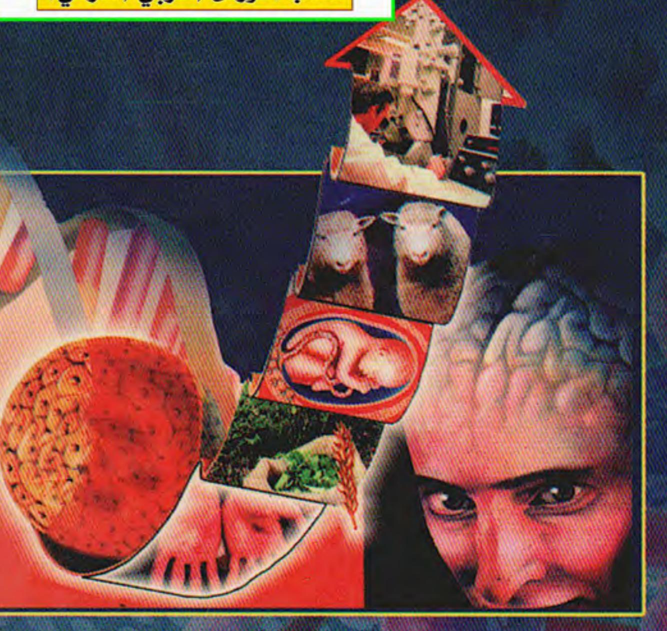
السلسلة العلمية فى تبسيط الهندسة الوراثية

الهندسة الوراثية للشباب





دكــتور
عبدالباسط الجمل
الباحث بالجينات الصناعية - جامعة القاهرة



السلسلة العلمية فى تبسيط الهندسة الوراثية

الهندسة الوراثية للشباب

دكتور / عبد الباسط الجمل

الباحث بالجينات الصناعية - جامعة القاهرة
رئيس جمعية شباب المخترعين المصرية
الحاصل على جائزة أحسن كتاب فى العلوم
والتكنولوجيا لعامى ١٩٩٧ ، ١٩٩٨ على التوالى

مكتبة ابن سينا



للطبع والنشر والتوزيع

٧٦ شارع محمد فريد - النزهة -
مصر الجديدة - القاهرة
☎ ٦٣٧٩٨٦٣ - ٦٣٨٩٣٧٢ ف ، ٦٣٨٠٤٨٣ ، ٦٣٨٠٤٨٣

اسم الكتاب

الهندسة الوراثية للشباب

اسم المؤلف

د / عبد الباسط الجمل

تصميم الغلاف

إبراهيم محمد إبراهيم

رقم الإيداع

٢٠٠٠/٨٤٠١

977 - 271 - 452 - 3

تطلب جميع مطبوعاتنا من وكيلنا الوحيد بالمملكة العربية السعودية

مكتبة الساعى للنشر والتوزيع

ص . ب ٥٠٦٤٩ الرياض ١١٥٢٣ - هاتف : ٤٢٥٣٧٦٨ - ٤٢٥١٩٦٦ فاكس : ٤٢٥٥٩٢٥

جدة - تليفون وفاكس : ٦٢٩٤٢٦٧

طبع بمطابع ابن سينا بالقاهرة ت : ٣٢٠٩٧٢٨ فاكس : ٦٣٨٠٤٨٣

Web site : www.ibnsina-eg.com E-mail : info@ibnsina-eg.com

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

إن غدنا القادم هو ذلك الغد المهندس وراثيا ، الذى سيكون منقوشًا برسوم جينية ، أعنى أن الجينات سيكون لها كل الأثر فى حياتنا ، فى صحتنا .. فى غذائنا .. فى بيئتنا .. فى كل شيء يتعلق بنا ، ومن ثم فالقرن الحادى والعشرون هو قرن الهندسة الوراثية .

ومن المنطقى أن أكثر من سيوجدون فى هذا القرن من القرن العشرين ، وعلى الأخص فى بدايته هم الشباب ، ومن ثم كان حتما على الشباب الواعى أن يلم بالتغيرات الممكنة فى القرن الحادى والعشرين ، يتفهمها ، ويدرسها ، ويبحث كثيراً فى مدى تأثيرها على حياته ، لأن هذا يمثل مستقبله ومصيره.

والتقنية الوراثية وتكنولوجيا الجينات تمس حياة الإنسان مباشرة ، فمن خلالها يمكننا التغلب على معظم الأمراض المستعصية من خلال العلاج بالجينات ، فقد غدا علاج أمراض السكر والسرطان والتخلف العقلى والالتهاب الكبدى الوبائى ، والزهايمر ، والسكتات المخية أمراً ممكنًا فى ظل ثورة العلاج بالجينات ، بل إن العلماء يطمحون لعلاج مرضى الإيدز من خلال تطبيق التقنيات الجينية .

كما يمكننا من خلال تكنولوجيا الجينات إنتاج نباتات حسب الطلب ، تتحمل الملوحة أو الجفاف أو الضغوط الأسموزية العالية ، كما يمكن زيادة حجم الثمار وزيادة قيمتها الغذائية .

وسوف تشهد الثروة الحيوانية فى الفترة القادمة تغييراً كبيرا فيما يعرف بالحيوانات المهندسة وراثيا حسب الطلب ، حيث يمكن تحوير جينوم بعض الحيوانات لتكون منتجة بغزارة للحوم فقط ، كما يمكن تحوير جينوم بعض الحيوانات لتكون منتجة بغزارة للألبان فقط ، كما يمكن تحوير جينوم بعض الحيوانات لتكون منتجة بغزارة للفراء فقط.

أما فى مجال البيئة ، فقد أصبحت الجينات هى خير وسائل لتنقية البيئة من الملوثات ، فمن خلال هندسة بعض البكتيريا وراثيا يمكن إطلاقها لتحليل

النفط العائم فى البحر ، كما يمكن من خلالها التخلص من معظم النفايات الضارة بل ويمكن توظيف هذه البكتيريا من خلال تحويرها وراثيا لكى تعمل على لحام طبقة الأوزون ، مانعة بذلك التسرب الشديد للأشعة فوق البنفسجية.

أما فى مجال الدواء ، فقد آن لنا أن نجعل من الغدد الثدية للحيوانات الثدية مصانع دواء حيوية منحركة ، حيث ستفرز لنا العديد من المواد الدوائية ، مما ينبئ بثورة كبيرة فى حقل الأدوية .

لكل ذلك لابد أن يكون الشباب ملمًا بهذه التقنية ، عارفًا لحدود استخدامها ، لإيجابياتها وسلبياتها ، ومدى انعكاسها على المجتمع الدولى فى القرن القادم ، لذا كان كتابى «**الهندسة الوراثية للشباب**» ، والذى أردت به أن أقدم للشباب ، كل شاب وفتاة بأسلوب بسيط سهل ـ وربما فى بعض الأحيان أخلط هذا الأسلوب ببعض من الكاريكاتيرية المفيدة – لماهية الوراثة والهندسة الوراثية والتطبيقات الناتجة عنها ، ومصير الإنسان فى ظل ثورة الهندسة الوراثية ، وعلاقة الجينات بالغذاء ، وبغير ذلك من المتغيرات الأخرى ، وقد اخترت لكتابى هذا أسلوبًا روائيا أرجو أن أكون قد وفقت فيه ، وأملى أن يساعد اختيار هذا الأسلوب فى تفصيل ما قصدت من أجله لكل الشباب .

والله الموفق

عبد الباسط الجمل

الفصل الأول

مادتنا الوراثية الكامنة في ذاتنا



كان اليوم هو يوم إجازة أحمد وشيماء ، وكان عليهما أن يستمتعا به متعة مقرونة بالاستفادة وعدم ضياع الوقت ، وقد دار بينهما ذلك الحوار :

شيماء : لابد أن نذهب لزيارة المزرعة اليوم يا أحمد.

أحمد : سنذهب يا شيماء بعد ساعة إن شاء الله.

أحمد وشيماء وقد ارتديا ملابسهما وهما فى الطريق إلى المزرعة.

أحمد : ترى ماذا سنرى فى المزرعة يا شيماء ؟

شيماء : أشجاراً وأزهاراً .. وأرانب و... إلخ.

أحمد وشيماء وقد وصلا إلى المزرعة ودخلاها .

شيماء ": ما أروع الجو هنا يا أحمد !

أحمد : حقا إنه بديع ياشيماء.

شيماء : انظر ... انظر يا أحمد إلى الأرانب الجميلة.

أحمد ": إنها جميلة جدا ، وعديدة ومختلفة .

شيماء : نعم ، إنها مختلفة الأشكال والألوان .

أليس كذلك يا أحمد؟

يصمت أحمد .. ثم يطرق مفكراً .

أحمد ": لكن ... لكن ...

شيماء : لكن ماذا يا أحمد ؟

أحمد ": ألا تلاحظين يا شيماء أن الأشياء مختلفة : الأشجار ، والأزهار ، والأرانب؟

شيماء : نعم يا أحمد وماذا فى ذلك ؟

أحمد : ما هو السبب فى هذا الاختلاف ؟ لابد من سر وراء هذا !

شيماء: سر ... أى سر ؟

أحمد : سنذهب إلى المهندس الزراعى لنسأله عن ذلك .

المهندس: مرحبا بكما يا أحمد أنت وشيماء فى المزرعة.

أحمد : شكرًا لك أيها المهندس .. إننا نود أن نسألك عن شيء.

المهندس : اسأل يا أحمد ما بدا لك.

أحمد : لقد لفت نظرى الاختلاف فى أشكال وألوان الأشياء وجزمت بوجود سبب لذلك.

المهندس : وماذا أيضاً يا أحمد؟

أحمد : وجئت إليك أنا وشيماء لنسألك عن هذا السبب.

المهندس : لقد صدق حدسك يا أحمد ، نعم هناك سبب.

شيماء : لكن نود أن نعرفه.

المهندس : سنذهب أولا إلى ذلك المكان ونجلس فيه ونبدأ حديثنا .

وقد جلس الجميع على حشائش البستان. . وبدأ المهندس حديثه وقد أمسك بزهرتين أمامه وقال :

المهندس : هذه زهرة حمراء وهذه بنفسجية .. لماذا ؟

شيماء : (وهى تضحك) : نحن الذين نسألك لا أنت.

ويرد المهندس : هذه الزهور الحمراء كان لها آباء .

أحمد : آباء !

المهندس : نعم يا أحمد .. الزهور الكبيرة ... أما الزهور الصغيرة تلك فقد أخذت صفاتها التى أمامك من الزهور الكبيرة .

أحمد : إذن هى ورثتها ؟

المهندس : نعم ، ولذلك تسمى تلك الصفات ، بالصفات الوراثية .

شيماء : لكن كيف تنتقل تلك الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء ؟

المهندس: أنتما تعلمان أن الكائن الحى يتكون جسمه من ملايين الخلايا.. أليس كذلك ؟

أحمد : بلى.

المهندس : هذه الخلايا يوجد بمركزها النواة التى تحمل ذلك السر العجيب.

شيماء : السر العجيب؟!

المهندس : نعم يا شيماء ، ففى هذه النواة يوجد ذلك الشريط الذى يحوى برنامج الحياة بأكمله .

أحمد : برنامج الحياة ؟!.

المهندس : نعم يا أحمد فهذا الشريط يحتوى على خطة كاملة لسلوك الكائن الحى وصفاته ، ولذلك فهو يمثل ذاكرة دقيقة جداً للكائن الحى.

شيماء : لكن ما اسم هذا الشريط ؟

المهندس : هذا الشريط اسمه الدنا .

أحمد : ولماذا سمى بهذا الاسم ؟

المهندس : الدنا هى الكلمة العربية المقابلة للكلمة الإنجليزية **D.N.A** .

شيماء : لكن مما يتكون هذا الدنا؟

المهندس : هذا الـ **D.N.A** كالبيت يتكون من لبنات ، وكل لبنة فيه تسمى نيوتيدة.

أحمد : وهو يبتسم : نيوتيدة ! لابد أن هذه النيوتيدة تحوى عجباً !!

المهندس : النيوتيدة سكر مرتبط بمجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية .

أحمد : وهل النيوتيدات متشابهة ؟

المهندس : لا يا أحمد ، فهناك اختلاف بين كل نيوتيدة وأخرى .

شيماء : وما هذا الفارق؟

المهندس : الاختلاف فى نوع القاعدة.

شيماء : إذن لا يصلح أن تكمل أى قاعدة قاعدة أخرى ؟

المهندس : نعم يا شيماء فالقاعدة النيتروجينية الأدينين تكمل القاعدة النيتروجينية الثايمين ، والقاعدة النيتروجينية الجوانين تكمل القاعدة النيتروجينية السيتوزين.

أحمد : لكن كيف تنتقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء؟

المهندس: كل ترتيب من ثلاث قواعد نيتروجينية يسمى شفرة وراثية لجين معين ، والشفرة الوراثية تمثل السمة المحددة لشخصية الجين.

شيماء : جين ؟!

المهندس : نعم يا شيماء فهذا الجين هو المسئول عن حمل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء ، فهناك جين لكل صفة ، وقد يشترك أكثر من جين فى إظهار الصفة الوراثية ، منها ما يظهر الصفة الوراثية ، ومنها ما يساعد على إظهار هذه الصفة.

أحمد : لكن أين يوجد الجين ؟

المهندس : يوجد الجين على جسم صغير داخل النواة يسمى الصبغى .

شيماء : الصبغى !!

أحمد : ولماذا يسمى بالصبغى ؟

المهندس : لأنه يتميز بصبغة معينة يا أحمد .

شيماء : وهل يوجد عدد محدد من الصبغيات فى النواة ؟

المهندس : لكل نوع من الكائنات الحية عدد معين من الصبغيات داخل أنوية خلاياه، وعلى سبيل المثال يوجد داخل نواة خلية جسم الإنسان ستة وأربعون صبغيا ، بينما فى حشرة ذبابة الفاكهة ستة عشر صبغياً .

أحمد : وهل هناك علاقة بين الصبغيات بعضها البعض ؟

المهندس: نعم يا أحمد ، فالصبغيات توجد دائما فى حالة أزواج ، وفى كل زوج تتصل الصبغيات بنقطة مركزية فى منتصف كل صبغى .

شيماء : إذن فنواة خلية جسم الإنسان تحتوى على ثلاثة وعشرين زوجًا من الصبغيات.

المهندس : نعم يا شيماء ، وفى حشرة ذبابة الفاكهة يوجد...

ويكمل أحمد الحديث قائلا : ثمانية أزواج .

(شيماء فى لهفة .. وقد وجهت حديثها إلى المهندس) .. وماذا أيضا عن الصبغيات ؟

المهندس : فى بعض الأحيان يحدث تبادل لبعض أجزاء الصبغيات فيما بينها.

شيماء : هذا التبادل يحدث بين أى زوجين ؟

المهندس : لا يا شيماء .. بل بين الزوجين الداخلين لصبغين متجاورين وهذا يسمى بالعبور الوراثى ، ومعنى ذلك أن أحد الصبغيات يأخذ قطعا من صبغى آخر.

أحمد : إنها دقة متناهية للغاية .

ويكمل المهندس حديثه قائلا : وفى بعض الأحيان يحدث التحام تام بين الصبغيات ونتيجة لذلك تحدث حالات من الشذوذ الصبغى .

شيماء: وما تأثير ذلك على الإنسان ؟

المهندس : إن حدث هذا الالتحام فى الخلايا التناسلية فهو يؤدى إلى العقم.

أحمد : لكن هذا الدنا الوراثى هل يجدد نفسه ؟

المهندس : يستطيع الدنا أن ينسخ نفسه ، وذلك بأن ينفصل إلى شريطين مفردين ، ثم يكمل كل شريط نفسه بما يكمله من قواعد نيتروجينية .

شيماء: وهل هناك أشياء أخرى تؤثر فى هذه العملية ؟

المهندس: نعم ياشيماء فهناك العديد من الإنزيمات التى تعمل على تناسخ مادة الدنا الوراثى **D.N.A** .

أحمد : وما هذه الإنزيمات ؟

المهندس : الإنزيمات هى مواد بروتينية تقوم بتنشيط التفاعلات التى يقوم بها الدنا لينسخ نفسه ، فهناك إنزيم يعمل على فصل الشريط المزدوج إلى شريطين مفردين وهو إنزيم البلمرة ، وهناك إنزيم يعمل على بناء القطع الجديدة من الدنا الوراثى وهو إنزيم البناء ، ثم يعمل إنزيم الربط على ربط هذه القطع لإنتاج الدنا الجديد.

شيماء : وهل للبيئة دخل فى إظهار الصفات الوراثية ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فلكى تظهر الصفة الوراثية لابد من توافر عاملين، عامل جينى

(وراثى) ، وعامل بيئى.

أحمد : لكن كم يبلغ طول الدنا الوراثى **D . N . A** ؟

المهندس : لو تم فرد مادة الدنا (**D. N . A**) الوراثى لوصل طولها إلى مترين.

شيماء : لكن كيف تستوعبه الخلية إذن ؟

المهندس : كما تعلمان يا عزيزىّ أن قطر نواة الخلية صغير جدا ، فهو يبلغ من ٢–٣ ميكرون ، والميكرون الواحد يساوى جزءاً من ألف جزء من المليمتر ، ولذلك لابد من ضم جزيئات مادة الدنا الوراثى (**D.N.A**) حتى تستوعبها نواة الخلية الصغيرة.

أحمد : وكيف يتم هذا ؟

المهندس : يقوم بهذا العمل جزيئات الهستون (وهو بروتين معقد) التى يلتف حولها الدنا الوراثى مكونا حلقات عديدة إلى أن يقفز طوله مائة ألف مرة.

أحمد : وهل الدنا الوراثى ثابت الشكل فى كل الكائنات الحية ؟

المهندس : لا ، بالطبع يا أحمد ، فهو يأخذ فى مميزات النواة (والتى تتواجد بها النواة داخل غشاء يحيط بها ويميزها) الشكل الخطى ، أما فى لا مميزات النواة (والتى لا تحاط النواة بها بغطاء يحددها ويميزها) فيأخذ الشكل الخطى ، وشكلا آخر دائريا يسمى الدنا الدائرى والذى يستخدم على نطاق واسع فى تجارب الهندسة الوراثية .

شيماء : لكن هل يصاب الدنا الوراثى بالعطب ؟

المهندس : نعم ، فالدنا الوراثى معرض للتلف من تأثير درجة الحرارة مما يؤدى إلى تكسير روابطه ، كما أن الدنا الوراثى حساس للغاية للمؤثرات الكيميائية والإشعاعية ، وهذا يؤدى بدوره إلى اختلال فى ترتيب القواعد النيتروجينية المكونة له .

شيماء : وهل يمكن إصلاح هذا العطب ؟

المهندس : هناك ياعزيزتى طاقم خاص بعمليات إصلاح عطب الدنا الوراثى، وهو طاقم إنزيمى يتكون من عشرين إنزيماً وهو مبرمج بحيث يستطيع أن يتعرف على

مواقع الخلل ويبدأ فى التعامل معها .

وتسأل شيماء مرة أخرى : لكن كيف يتعامل معها ؟

المهندس : يقوم هذا الطاقم الإنزيمى باستبدال القواعد النيتروچينية التالفة بأخرى سليمة مستخدمًا فى ذلك قراءته لترتيب القواعد على الشريط الآخر.

أحمد : ولكن إذا حدث تلف للشريطين فى وقت واحد ماذا يحدث ؟

المهندس : فى هذه الحالة يا أحمد تصبح عملية الإصلاح مستحيلة وهذا يؤكد حيوية زوجية الأشياء.

شيماء : والتغير الحادث فى مادة الدنا الوراثى **D.N.A** هل يرثه الأبناء ؟

المهندس : هذا التغير يسمى بالطفرة ، وهو يحدث إما بالتعرض للإشعاع الزائد أو العوامل الكيميائية أو درجة الحرارة العالية ، وهو يورث إلى الأبناء ، لكن هناك نوعًا آخر من الطفرات لا يورث للأبناء ، وإنما يظهر تأثيره على الآباء أنفسهم ، وهذا النوع يسمى الطفرة الكروموسومية الصبغية .

شيماء : لكن ما سبب حدوث هذه الطفرة ؟

المهندس : الطفرات الصبغية تحدث كنتيجة للتغير فى شكل أو عدد الصبغيات مما يؤدى إلى اتصال صبغى بآخر ، أو فقدان صبغى أو أكثر ، أو وجود أكثر من نسخة لصبغى .

أحمد : إن هذا يحتم على الأطباء استخدام الجرعات الإشعاعية بحذر .

وتكمل شيماء الحديث : بل ويتحتم على الجميع تناول المواد الكيميائية الدوائية بحذر.

ويرد المهندس بسرور وهو يتجه نحوهما : نعم يا عزيزىَّ لأن ثمن ذلك سيكون فادحا ، فلن يكون ثمنه فرداً واحداً ، وإنما أجيال بأسرها .

شيماء : وقد أطرقت تفكر فى شىء ما ..

وإذا بأحمد يسألها ... فيم تفكرين يا شيماء ؟

شيماء: إننى أفكر فى هذا العالم العجيب .. عالم الجينات هل هو متشابه فى أداء وظائفه ؟

المهندس: تقصدين يا شيماء ذلك الطاقم البديع .. طاقم الجينات ذا الوظائف المتعددة .

أحمد: وظائف متعددة ؟!

ويرد المهندس: نعم يا أحمد ، فبعض هذه الجينات يحمل تعليمات لبناء البروتين والبعض الآخر يحمل تعليمات لترتيب النيوتيدات ، والبعض لا يحمل أية تعليمات.

شيماء: لا يحمل أية تعمليات ؟!

المهندس: نعم يا شيماء ، ويعتقد العلماء أن لهذه الجينات أدواراً تنظيمية فى أداء وظائف الجينات الأخرى .

أحمد: حقا إنه طاقم عجيب !

وتسأل شيماء : وهل هذا الطاقم الجينى العجيب ثابت لا يتحرك ؟

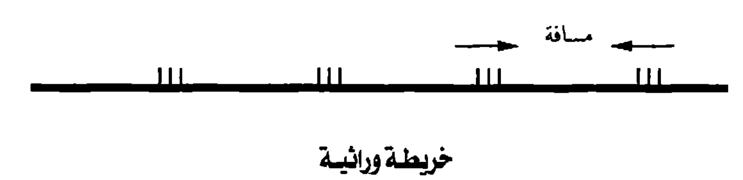
ويجيب المهندس : لا يا عزيزتى بل هناك بعض الجينات التى تتحرك فى المحتوى الجينى من مكان لآخر ، ووفقا لإشارات وتعليمات محددة ، ويكون تأثير ذلك كبيراً على الطاقم الجينى .

أحمد: وما الذى يحكم عمل هذه الجينات ؟

المهندس: هذا الطاقم الجينى يتصرف وفقا لشفرات محددة ، فلا عشوائية فى العمل.

شيماء: شفرات محددة ؟!

ويرد المهندس: نعم ياشيماء ، فكل شفرة تتكون من ثلاث قواعد نيتروجينية وبترتيب ثابت ، وهذا ما ساعد العلماء على وضع خرائط توضح توزيع الجينات فى الطاقم الجينى ، وهو ما يعرف بالخرائط الوراثية.



خريطة وراثية

أحمد : نعم فلقد قرأت أن عدداً من الدول المتقدمة تحت إشراف هيئة الأمم المتحدة يشتركون فى مشروع لرسم الطاقم الجينى للإنسان.

ويكمل المهندس كلام أحمد قائلا :

نعم إنه مشروع الجينوم البشرى ، والذى ستكون له فائدة عظيمة فى التعرف على أمراض الإنسان الوراثية ومحاولة علاجها .

شيماء: لكن كيف يمكن علاج هذه الأمراض باستخدام الجينات ؟

المهندس : لكل صفة وراثية شفرة معينة ، ويمكن كشف هذه الشفرة ، ومن ثم معرفة ترتيب الأحماض الأمينية الداخلة فى بناء سلسلة البروتين المسئولة عن هذه الصفة.

أحمد : أحماض أمينية ! سلسلة بروتين ! أنا لا أفهم .

المهندس : يا عزيزىّ كل ترتيب من ثلاث قواعد نيتروچينية يشكل مادة تسمى بالحمض الأمينى ، وكل مجموعة من الأحماض الأمينية مترابطة معًا تشكل ما يسمى بالبروتين وهو المسئول عن إظهار الصفة الوراثية .

شيماء : إذن لو استطعنا صنع هذا البروتين يمكننا استخدامه فى علاج الأمراض الوراثية.

المهندس : نعم يا عزيزتى ، وهذا ما يعرف بالعلاج بالجينات .

أحمد : لكن كيف يتم صنع البروتين داخل جسم الكائن الحى ؟

ويجيب المهندس وهو يوجه كلامه إليهما : إنها عملية معقدة ، ولكن سأوضحها لكما يا عزيزىّ .. ثم يستطرد فى حديثه قائلا : المادة الوراثية نوعان هى الدنا الوراثى (**D. N. A**) وهو يتواجد بنواة الخلية، والرنا الوراثى (**R. N . A**) وهو يتواجد بالسائل المحيط بنواة الخلية .

شيماء : تقصد السيتوبلازم ؟

المهندس : نعم يا عزيزتى ، ففى السيتوبلازم يتواجد الرنا الوراثى وهو ذو أنواع ثلاثة .

أحمد : أنواع ثلاثة ؟

المهندس: نعم يا أحمد ، فالرنا الوراثى يوجد منه ثلاثة أنواع هى :

الرنا الناقل t (RNA) – الرنا الرسول m (RNA) – الرنا الريبوسومى r(RNA)

شيماء: ولكن كيف تتم عملية بناء البروتين ؟

المهندس : لا تتعجلى الأمور يا عزيزتى، فعملية بناء البروتين تمثل مشروعاً حيوياً مهماً، يمثل فى الدنا الوراثى المهندس المخطط لهذا المشروع، حيث يقبع فى غرفة العمليات (النواة) ويصدر تعليماته إلى موقع العمل (السيتوبلازم) ليبدأ تنفيذ هذا المشروع العملاق .

أحمد: كيف ؟

المهندس: يتم نسخ الدنا الوراثى على شريط من الرنا الريبوسومى r(RNA) .

ثم يبدأ الرسول m (RNA) فى قراءة الشفرات الوراثية من على شريط الرنا الريبوسومى r (RNA) وترجمتها لأحماض أمينية ، ثم يستدعى الرنا الناقل t (RNA) لإحضار الحمض الأمينى المطلوب ، ليوضع فى مكانه من المشروع وهكذا حتى يصدر مهندس المشروع الدنا الوراثى تعليماته بانتهاء المشروع.

شيماء: ولكن كيف يتم هذا ؟

المهندس: هناك شفرة معينة ، بظهورها فى ساحة العمل يعلم الجميع بأن المشروع اكتمل ، ويعود الجميع ليبدءوا مشروعاً آخر .. وهم فى قمة النشاط.

أحمد : – حقاً إنه طاقم دقيق وعجيب .

وتقطع حديثه شيماء قائلة :

لكن ما أحدث شيء فى تكنولوچيا العلاج بالچينات ؟

المهندس: ياعزيزتى إن أحدث شيء فى تكنولوچيا العلاج بالچينات هو استخدام أشعة الليزر فى إصلاح الخلل الوراثى المتواجد بالدنا الوراثى ، كما يمكن باستخدام شعاع الليزر الدقيق جداً نقل المادة الوراثية من خلية لأخرى، وهناك الكثير من التجارب مازالت فى مرحلة البحث ، وقد تمثل فتحاً علميا إذا ثبت صحتها .

أحمد : لابد أن تحدثنا عن هذه التجارب بمجرد معرفتها « يا سيدى » .

المهندس : أعدكما بذلك يا عزيزىّ الصغيرين . .

وهمَّ المهندس أن يدعهما لكنه تذكر شيئًا مهمًا وهو عدم ذكره لاستخدام الهندسة الوراثية فى مجال الزراعةْ ، فجلس مرة أخرى وقال موجهاً حديثه لأحمد وشيماء .

المهندس : نسينا شيئًا مهما يا عزيزىّ .

أحمد : ما هو ؟

المهندس : أن أحدثكما عن دور الهندسة الوراثية فى مجال الزراعة .

شيماء : نعم لم تحدثنا عن هذا الدور .... ومؤكد أنه دور مهم .

المهندس : نعم يا عزيزتى ، فتطبيقات الهندسة الوراثية فى مجال الزراعة لا تقل أهمية عن استخدامها فى علاج أمراض الإنسان والحيوان ، فكما استطاع العلماء تصنيع الأنسولين البشرى لمرض السكر ، والمركبات المضادة للسرطان فقد استطاعوا إنتاج ثمار كبيرة الحجم وغنية بالعناصر الغذائية ، كما أمكن نقل چينات خاصة بإنتاج البروتين من نباتات منتجة للبروتين بل واستطاع العلماء الخلط بين المواد الوراثية لنباتات مختلفة مثل البطاطس والطماطم ، لينتج نباتًا جديدًا يسمى بالبطاطم .

أحمد : إذن فالهندسة الوراثية تعنى « تطبيقات علم الوراثة فى مجالات الحياة المختلفة » :

المهندس : نعم يا أحمد .

شيماء : لكن هل يمكن استخدام هذه التطبيقات ضد مصالح الإنسان؟

ويطرق المهندس وهو يتألم .. ويبادره أحمد بالسؤال . ماذا حدث يا سيدى ؟

ويرد المهندس فى ألم : إنها ضريبة الحياة يا أحمد .. قضية الخير والشر ، الصراع والتكالب على الدنيا !

شيماء : أنا لا أفهم شيئًا !

أحمد : و أنا كذلك !

المهندس : علم الهندسة الوراثية شأنه فى ذلك شأن أى علم آخر « سلاح ذو حدين» ياعزيزى .

أحمد : ــ سلاح ذو حدين ؟!

المهندس :ــ نعم فكما استخدمه الإنسان لعلاج الأمراض المستعصية وتوفير حاجته من الغذاء ، يستخدمه فى تصنيع المواد الوراثية للميكروبات القاتلة ، ثم تحقن هذه الچينات فى الحشرات ، ويطلقها فى أماكن يود تدمير الأحياء فيها ، فتصبح هذه الحشرة أخطر بكثير من مئات الطائرات، فهى تسبب كارثة لكل الأجيال... كارثة فى أطقمها الجينية لتنتج أمراض التخلف والتشوهات الخلقية.

أحمد : نعم إنها كارثة بكل المقاييس .

ويكمل **المهندس** حديثه :

بل إن هناك العديد من المتحررين من كل قانون وعقيدة ينادون بتطبيق كل ما أمكن من تجارب الهندسة الوراثية على الإنسان ... واللعب فى الچينات البشرية بحرية تامة ...

وذلك لإنتاج إنسان حسب الطلب ... إنسان وفق الهوى .

شيماء : لكن هذا محال !

المهندس :ــ نعم يا شيماء ما يودونه محال ، لكن التفكير فى حد ذاته فى هذا الأمر جرم كبير .

أحمد لابد من وجود هيئة دولية تشرف على معامل الهندسة الوراثية .

المهندس : هذا ما ينادى به العديد من العلماء المتخصصين فى هذا العلم والذين يقدرون عواقب الأمور خير تقدير ، ونتمنى أن يحدث ذلك .

شيماء : إننا نحن شباب العالم ننادى المجتمع الدولى ونناشده بتكوين هذه الهيئة ، حفاظاً على مستقبل البشرية .

الفصل الثانى

ثورة الاستنساخ

شيماء: بقى ذلك الشىء المهم ، والذى أثار ضجة هائلة فى العالم بأسره ، وأعنى بذلك الاستنساخ الحيوى فماذا عن الاستنساخ يا « سيدى » ؟

وكيف بدأ وتطور ؟

وهل يمكننا الاستفادة منه ؟

وهل يمكن أن يكون له أضرار ؟

المهندس: الاستنساخ يا عزيزىَّ يعنى صناعة نسخة طبق الاصل من الشىء.

أحمد: تقصد يا سيدى صورة طبق الأصل تماماً .

المهندس: نعم يا أحمد ، وأنتما كما عرفتما أنَّ جميع الصفات الوراثية يتم التحكم فيها من خلال الجينات ، كما أن التركيب الخلوى للكائن الحى يتحدد وفقاً للمعلومات الوراثية الموجودة داخل الجينات ، ومن ثم فالأصل فى الاستنساخ ياعزيزى هو استنساخ المعلومات الوراثية ، والتى توجه الميكانيكات الحيوية لصناعة نسخ من الخلايا والأنسجة تمثل صوراً طبق الأصل من بعضها .

عملية الاستنساخ تمارسها العديد من الكائنات الدقيقة كإحدى طرق التكاثر (إنتاج أفراد جديدة بها)

شيماء: كما يحدث فى البكتيريا يا سيدى ، فهى تنقسم انقساماً ثنائياً بسيطاً ، حيث تعطى الخلية البكتيرية الواحدة خليتين تمثلان نسخة طبق الأصل من ذاتهما ، كما تمثلان نسخة طبق الأصل من الخلية الأم .

كما أن الاستنساخ تمارسه العديد من النباتات منذ القدم ، حيث من خلال أخذ برعم « الجزء القادر على النمو فى النبات» من النبات أو تجزئة هذا البرعم وأخذ الأجزاء ، ثم تتم الزراعة فى بيئة مغذية يتوافر بها العناصر الغذائية الضرورية لنمو الأنسجة المكونة للأعضاء الجينية ، والتى يتتابع نموها لتعطى نباتاً كاملاً يمثل نسخة طبق الأصل من النبات الأم ، ويمكن توضيح ذلك يا عزيزىَّ فى الشكل التخطيطى التالى :

نبات ← براعم في نبات ← (فصل البرعم من النبات) برعم مفصول ← زراعة برعم في بيئة غذائية ← نبات

شيماء : إذن يمكننا من خلال خلية نباتية واحدة الحصول على نبات كامل يمثل نسخة طبق الأصل من النبات الأم .

أحمد : لذلك اتجه الإنسان إلى محاكاة الكائنات الحية التى لها القدرة على أن تستنسخ ذاتها ، ومن ثم كان ذلك بداية عمليات الاستنساخ الحيوى .

شيماء : لكن كيف بدأت عمليات الاستنساخ ؟

المهندس : بدأت عمليات الاستنساخ بداية على الأجنة

شيماء : الأجنة ؟!

المهندس : كما تعلمان أن الجنين ينتج من اتحاد الحيوان المنوى بالبويضة ، حيث ينتج من عملية الاتحاد تلك خلية جنينية ، وهى خلية واحدة تمثل مزيجًا من المعلومات الوراثية الموجودة فى الحيوان المنوى والبويضة ، فالحيوان المنوى به نصف المعلومات الوراثية اللازمة والضرورية لعمليات التوجيه والتكوين الجنينى ، وكذلك البويضة تحتوى على النصف الآخر من المعلومات الوراثية اللازمة لإتمام عمليات النمو والتكوين الجنينى .

أحمد : إذن يمكننا القول أنَّ :

بويضة + حيوان منوي ← خلية جنينية

المهندس : لا يا أحمد فلابد من أن يكون الحيوان المنوى لديه القدرة على إخصاب البويضة ، ومن ثم فلابد أن تكون البويضة سليمة ، حتى يمكن إخصابها .

يسمى الحيوان المنوى أو البويضة بالخلية الجنسية ، أتدريان لماذا ؟

شيماء : لا ندرى !

المهندس : لقدرتهما على المحافظة على الجنس الخاص بالكائن الحى ، من خلال عملية الإخصاب ، والتى تؤدى إلى تكوين الخلية الجنينية ، والتى يتتابع تكوينها الجنينى ليتكون فى النهاية الكائن الحى الكامل ، وتسمى الخلية

الجنينية ، وكل ما ينتج عنها من خلايا باسم الخلايا الجسمية .

أحمد : لكن ما الفارق بين الخلية الجنسية والخلية الجسمية ؟

المهندس : الخلايا الجنسية سواء كانت حيواناً منوياً أم بويضة أم حبّة لقاح بها نصف العدد الصبغي أى بها نصف عدد الصبغيات (الكروموسومات) الموجودة فى الخلية الجسمية سواء كانت خلية جنينية أم خلية ناضجة .

ولنضرب مثالاً على ذلك فالخلية الجسمية للإنسان تحتوى على ستة وأربعين كروموسومًا (٤٦ كروموسومًا) ، لكن الخلية الجنسية سواء كانت حيوانًا منويًا أو بويضة بها نصف العدد الكروموسومى أى بها (٢٣) كروموسومًا ، ومن ثمّ فالتقاء الحيوان المنوى بالبويضة يعنى عودة العدد الكامل للكروموسومات أى وجود ٤٦ كروموسوما

٢٣ كروموسوما من الحيوان المنوى + ٢٣ كروموسوما من البويضة

← ٤٦ كروموسوما فى الخلية الجسمية .

أحمد : لكن يا سيدى ذكرت نوعين آخرين من الخلايا : خلايا جنينية ، وخلايا ناضجة ... ما الفرق بين النوعين ؟

المهندس : الخلية الجنينية هى نوع من الخلايا الجسمية النشطة ، والتى لها القدرة على الانقسام السريع مكونة مختلف الأعضاء والأنسجة ، ومن ثمّ فالخلية الجنينية تتميز بعدم التخصص ، فهى خلية عامة أى يمكنها أن تعطى جميع الأعضاء والأنسجة ، ويرجع ذلك إلى عدم تخصص الجينات الموجودة فى هذه الخلايا ، فهى تستطيع أن توجه مختلف العمليات الحيوية داخل الخلايا ، ويفسر لنا ذلك نشأة مختلف الأنسجة سواء كانت أنسجة عصبية ، أو عضلية ، أو .... إلخ من خلايا جنينية .

بينما الخلية الجسمية الناضجة تكون متخصصة فى أداء وظائف محددة ، وقد تكون هذه الخلايا يا عزيزىّ فى عضو واحد ، لكنها مختلفة فيما بينها ، ومثال ذلك المخ البشرى ، حيث يتواجد به العديد من الخلايا التى تكون مراكز تتحكم فى حواسنا كالإبصار والحركة والسمع و الإدراك والذاكرة ... إلخ.

أحمد : هل يعنى وجود هذه الخلايا المختلفة المكونة لهذه المراكز داخل عضو واحد تشابه

هذه الخلايا فى تخصصاتها ؟

المهندس : لا بالطبع ، فخلايا مركز الحركة متخصصة فى إرسال واستقبال الإشارات العصبية الخاصة بالحركة ، أما الخلايا مركز الإبصار فهى متخصصة فى إرسال واستقبال الإشارات العصبية الخاصة بالرؤية ، أما خلايا مركز الذاكرة فهى متخصصة فى عمليات التخزين للأسماء والمعانى واسترجاعها بعد ذلك ، بينما خلايا مركز الإدراك تكون متخصصة فى إدراك معانى الأشياء « فهمها » .

شيماء : نريد توضيحاً أكثر ؟

المهندس : أترِيان هذا القلم الذى فى يدى ؟ حيثما أرى القلم ، فإن ذلك يخضع لتحكم خلايا مركز الإبصار ، وحينما أنطق بكلمة قلم ، فإن ذلك يخضع لتحكم خلايا مركز الكلام ، بينما حين نمسك بالقلم فإن ذلك يخضع لتحكم خلايا الحركة ، وعندما نتذكر كلمة قلم ، فإن ذلك يخضع لخلايا مركز الذاكرة ، بينما عندما نفهم وندرك مدلول أو معنى كلمة قلم (أداة تستخدم فى الكتابة) ، فإن ذلك يخضع لخلايا مركز الإدراك ، ويقاس على ذلك جميع ما نتعامل معه من أشياء .

شيماء : وماذا نخلص من ذلك ؟

المهندس : نخلص إلى أنَّ الخلايا الجنينية يمكن لچيناتها توجيه جميع العمليات الحيوية بالجسم ، بينما الخلايا الناضجة هى التى توجه چيناتها عمليات حيوية محددة .

أحمد : وما السر فى ذلك ؟

المهندس : ـ الچينات الموجودة داخل الخلايا الجنينية كلها نشطة ، حيث يمكن لجميع هذه الچينات التعبير عن نفسها ، وتوجيه العمليات الحيوية المختلفة ، بينما الخلايا الناضجة تكون الچينات المسئولة عن توجيه العمليات الحيوية داخل هذه الخلايا فقط النشيطة ، بينما جميع الجينات كامنة أى غير نشيطة، ولنضرب مثالا على ذلك : فالجينات النشيطة فى خلايا مركز الحركة هى الجينات المسئولة عن توجيه كل ما يتعلق بالحركة سواء كانت عمليات

استقبال أو عمليات إرسال ، كذلك بالنسبة لمركز الإبصار ، ومركز الكلام ، ومركز الذاكرة ..... إلخ .

شيماء : لكن كما سبق أن ذكرت أن الخلية الجنينية بها ضعف العدد الكروموسومى الموجود داخل الخلية الجنسية ، وكذلك بالنسبة للخلية الناضجة ، فهى تحتوى على ضعف عدد الكروموسومات الموجودة داخل الخلية الجنسية ، حيث أن كلاً منهما عبارة عن خلية جسمية .

أحمد : وماذا يعنى ذلك يا سيدى ؟

المهندس : ألم أقل لكما يا أحمد من قبل إنّ الأصل فى توجيه العمليات الحيوية المسئولة عن عمليات التكوين الجنينى وجود زوجية الطاقم الوراثى (المحتوى الجينى من الحيوان المنوى ، والمحتوى الجينى من البويضة) ، وهذه الزوجية فى الطاقم الوراثى موجودة داخل الخلية الجنينية ، كما أنها موجودة داخل الخلية الناضجة .

أحمد : لكن ما الفارق ؟

شيماء : يبدو أنك نسيت إلى حدٍ ما ما سبق أن ذكره المهندس يا أحمد.

أحمد : ماذا تقصدين يا شيماء ؟

شيماء : ألم يقل المهندس إن الخلية الجنينية تتصف بالعموم الوظيفى ، أى يمكنها إنتاج جميع الأعضاء ، وذلك لوجود طاقم وراثى غير متخصص بها ، بينما الخلية الناضجة ذات طاقم وراثى متخصص، أى به جينات متخصصة نشطة ، وجينات غير متخصصة ، وغير نشطة فى الوقت نفسه ، وذلك لعدم الحاجة إليها .

أحمد : وقد بدا عليه التفكير العميق فيما قالته شيماء ، وإذا المهندس يسأله: فيم هذا التفكير العميق يا أحمد ؟

أحمد : أفكر فى كلام شيماء .. فإنّ معناه كبير ، الخلية الجنينية يمكن أن تعطى كائنا حيا لكن الخلية الناضجة لا يمكن أن تعطى كائنا حيًا .. إذن فلا يمكن أن يحدث الاستنساخ من خلية جسمية ناضجة ، بينما يمكن أن يتم الاستنساخ

من خلال الخلايا الجنينية ، ويكمل المهندس كلام أحمد : وقد كان ذلك يمثل بداية عمليات الاستنساخ .

شيماء : إذن فقد مر الاستنساخ بمراحل تطور عديدة .

المهندس : نعم يا شيماء ، وهذا شأن أى تقنية جديدة لابد لها من مراحل تطور حتى تصل إلى المرحلة النهائية .

أحمد : وما مراحل تطور الاستنساخ يا سيدى ؟

المهندس : إنها رحلة طويلة يا عزيزىّ ، عمل فيها العديد من العلماء فى مراحل زمنية مختلفة ، حيث أضاف كلٌ واحد منهم شيئا ، وهذه سمة العلم ، فكل عالم تكمل أبحاثه وتجاربه نتائج ما يتوصل إليه عالم آخر وهكذا .

حينما كان الباحثون عاكفين على دراسة المادة الوراثية (الدنا الوراثى) ، ووضع نموذج صحيح لها ، تمكن فريق بحثى بالولايات المتحدة الأمريكية من تجميد أجنة الأبقار تحت ٧٩ درجة تحت الصفر .

شيماء : تجميد أجنة ؟

المهندس : المقصود بتجميد الأجنة يا شيماء خفض درجة حرارتها باستخدام وسائل تبريد خاصة ، مما يقضى على أى عامل فساد يمكن أن يدمر خلايا هذه الأجنة ، مما يسمح بحفظها .

أحمد : ولما نحفظها ؟

المهندس : لنستخدمها فى عمليات إكثار الحيوانات بعد ذلك ؟

ويواصل أحمد استفساره : وكيف ؟

المهندس : بعض الحيوانات متميزة فى سلالات معينة يا أحمد ، كالأبقار والجاموس والأغنام ، قد تكون هذه السلالات ذات لحم غزير ، أو لبن جيد وغزير ، أو فراء ناعم ... طويلة أو قصيرة ، هادئة ، سهلة الاستئناس ولودة (كثيرة الولادة) .

تمثل هذه السلالات ثروات اقتصادية لابد من المحافظة عليها ، ويتم ذلك بأخذ الجنين الناتج من عملية إخصاب هذه الحيوانات ، وتجزئته إلى أجنة مختلفة ،

وحفظ هذه الأجنة فى درجات حرارة منخفضة تصل إلى ٧٩° درجة مئوية تحت الصفر ، وذلك فى مجمعات خاصة تعرف ببنوك الأجنة .

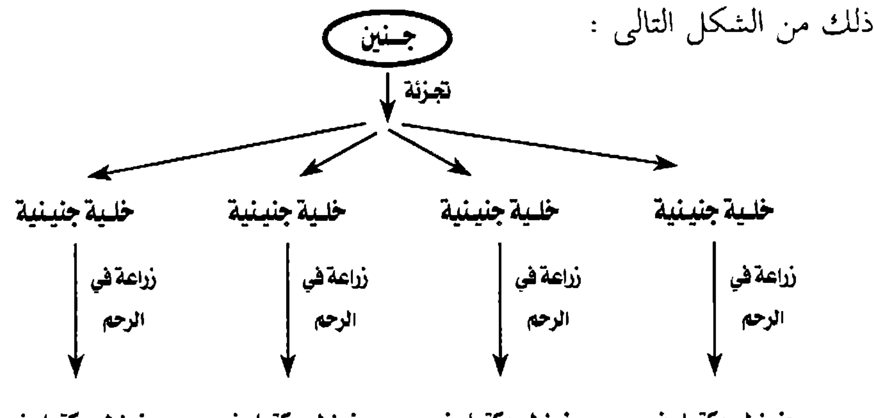
شيماء: بنوك الأجنة ؟!

المهندس : نعم يا شيماء ، فكلمة بنك تعنى مكاناً ما نجمع فيه أشياء تهمنا، أما سمعت عن بنوك الأموال والنقود ؟

شيماء : نعم .

المهندس : فهذه البنوك «بنوك النقود» يا عزيزتى يتم تجميع النقود فيها ، وحينما نحتاج إليها نسحبها من البنك ونستخدمها ، وحتى لا تحدث عمليات فوضى وعدم انتظام فى الأموال المودعة داخل البنوك ، تسجل الأموال بأسماء أصحابها ويكون لكل شخص رقم خاص بحسابه داخل البنك.

وكذلك بالنسبة للأجنة فلابد من حفظها فى أماكن خاصة ومجهزة بوسائل حفظ جيدة لا تسمح بفساد الأجنة المحفوظة ، ولابد من تسجيل كل جنين أو قطعة جنينية فى حالة تجزئة الجنين فى البنك من خلال رقم كودى محدد يعرف به هذا الجنين . أتاح ذلك يا عزيزىّ للباحث الأمريكى «جون جوردن» عام ١٩٦٢م أن يحضر جنينا لضفدعة ، ثم قام بتجزئته إلى أجزاء جنينية متعددة ، ثم قام بزرع كل جزء فى رحم ضفدعة ، حيث نما كل جزء مكوناً جنينا لم يكتمل نموه ومات ، ويعرف ذلك باستنساخ الأجنة ، ونعنى به إنتاج نسخة جنينية عديدة من جنين واحد ، كما يتضح ذلك من الشكل التالى :



فى عام ١٩٧٨م ولد أول طفل فى العالم من خلال تقنية الإخصاب الأنبوبى أو الإخصاب خارج الرحم ، أو ما يعرف مجازاً بأطفال الأنابيب ، وقد عرفت هذه التقنية بالإخصاب الأنبوبى لأن الاتحاد بين الحيوان المنوى والبويضة يتم داخل أنبوبة اختبار ، وليس داخل الرحم ، كذلك عرفت بتقنية الإخصاب خارج الرحم ، لأنها تتم خارج الرحم ، كما سميت بالاسم المجازى : أطفال الأنابيب ، لأن المتكون داخل أنبوبة الاختبار من عملية الاتحاد بين الحيوان المنوى والبويضة عبارة عن خلية جنينية يتم إعادة زرعها داخل الرحم لتنمو إلى جنين كامل يولد بصورة طبيعية ، وقد ساعدت هذه التقنية على التغلب على عوائق كثيرة فى عمليات الإنجاب.

أحمد : وما هذه العوائق يا سيدى ؟

المهندس : لكل وظيفة يقوم بها الكائن الحى جهاز حيوى أوجده الله سبحانه وتعالى لتتم هذه الوظيفة بكفاءة عالية ، ومن هذه الوظائف التى يقوم بها الكائن الحى وظيفة التكاثر، والتى تعنى إكثار جنسه ، أى زيادة الأعداد الموجودة منه حتى يتمكن هذا الجنس من الحياة وسط المنافسة الشرسة من الكائنات الحية الأخرى التى تنافسه.

قد يكون الكائن الحى ثنائى الجنس : أى يتواجد منه الذكر ، والذى يوجد به جهاز تناسلى ذكرى ، و تعنى كلمة تناسل إعطاء النسل الذى يحافظ على استمرار الجنس فى الحياة ، كما يتواجد منه الأنثى والتى يوجد بها جهاز تناسلى أنثوى.

يعمل الجهاز التناسلى الذكرى فى الذكر على إنتاج الأمشاج المذكرة ، وتعنى كلمة مشيج يا عزيزىّ الوحدة البيولوجية المسئولة عن التكاثر ، كما يعمل الجهاز التناسلى الأنثوى على تكوين الأمشاج المؤنثة .

وقد تتواجد بعض الكائنات الحية بها أعضاء مذكرة وأعضاء مؤنثة من نفس الكائن الحى الواحد.

أحمد : كائن حى واحد يحمل كلا من أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث!!

المهندس: نعم يا أحمد .

شيماء :" وبم تسمى هذه الكائنات الحية ؟ لابد أنَّ لها اسما يختلف عن الكائنات ثنائية الجنس .

أحمد: ألم يقل المهندس يا شيماء إن الكائنات التى تحمل كلا من أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث تسمى بثنائية الجنس .. إذن فهذه الكائنات الحية يمكن أن نسميها بأحادية الجنس.

المهندس: أصبت يا أحمد ، لكن ..

أحمد": لكن ماذا ؟ ألم تقل أصبت يا أحمد ؟!

المهندس: لم تمهلنى لأكمل كلامى يا أحمد فما قلته صحيح ، لكن هذا لا يمنع من وجود اسم آخر لهذه الكائنات الحية.

شيماء: اسم آخر .

المهندس: صبرا يا عزيزىّ ، فطريق العلم والمعرفة طريق صعب وطويل يحتاج لصبر وتأنٍ، فأرجو منكما الصبر.

أحمد وشيماء في صوت واحد : معذرة. وها نحن قد أنصتنا لك لتكمل لنا حديثك الممتع .

ويكمل **المهندس** حديثه قائلا :

الاسم الآخر الذى اختاره العلماء لهذه الكائنات الحية التى يتواجد بها أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث « الكائنات الخنثى» ، وأحيانا تسمى الكائنات الخناث ، وتعنى كل من كلمة خنثى أو كلمة الخناث وجود أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث فى نفس الكائن الحى .

شيماء: والإنسان إلى أيهما ينتمى ؟

ويرد **أحمد** بسرعة : ماذا تقولين يا شيماء ؟!

بالطبع هو ثنائى الجنس ، فالجهاز التناسلى الذكرى يتواجد فى الذكر ، والجهاز التناسلى الأنثوى يتواجد فى الأنثى .

المهندس: وهو يربت على كتف أحمد :

تماما كما قلت يا أحمد ، فالإنسان منفصل الجنس ، أى أن كلا من الجهاز التناسلى المذكر والجهاز التناسلى المؤنث يتواجد بحالة فردية فى الكائن الحى ، وأعنى بذلك يا عزيزىّ إما الجهاز التناسلى الذكرى أو الجهاز التناسلى الأنثوى.

ولكى نفهم الحلول التى قدمتها تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم ، لابد أن نتعرف على تركيب الجهاز التناسلى فى الإنسان ، سواء كان الجهاز التناسلى الذكرى (أى الموجود فى الذكر) أو الجهاز التناسلى الأنثوى (أى الموجود فى الأنثى) .

ولنبدأ بالجهاز التناسلى الذكرى، وقبل أن نتعرف على تركيب الجهاز التناسلى الذكرى ، لابد أن تعرفا أن أى جهاز تناسلى سواء كان جهازاً تناسليا ذكريا أم جهازا تناسليا أنثويا يقسم من الناحية التركيبية «أى من ناحية تركيبه» إلى أعضاء تناسلية أو جنسية أساسية ، وأعضاء تناسلية غير أساسية .

أحمد : وما الفرق بين الأعضاء التناسلية الأساسية وغير الأساسية؟ .

المهندس : المقصود بأعضاء التناسل الأساسية الأعضاء التى تكون الأمشاج التناسلية نفسها سواء كانت حيوانات منوية أو بويضات ، كما تتواجد أعضاء حيوية أخرى تساعد فى تغذية وحيوية الأمشاج التناسلية ، وتعرف هذه الأعضاء بالغدد.

أحمد : والأعضاء التناسلية غير الأساسية ؟

المهندس :" الأعضاء التناسلية غير الأساسية هى التى تساعد فى عملية نقل الأمشاج لكى تتم عملية الإخصاب ، ثم يصمت المهندس لحظة ويستكمل كلامه قائلا الأعضاء الأساسية فى الجهاز التناسلى الذكرى تشتمل على الخصيتين ، وهما اللتان تكونان الحيوانات المنوية الممثلة للأمشاج المذكرة ، وتتواجد الخصيتان خارج الجسم فى الإنسان داخل كيس يحتويهما ، ويسمى هذا الكيس بكيس الصفن ، وذلك لتوفير درجة حرارة تناسب إنتاج الخصية للحيوانات المنوية ، حيث إنَّ درجة حرارة الجسم لا تناسب إنتاج الحيوانات المنوية .

شيماء : وهل ينطبق ذلك على مختلف الكائنات الحية الأخرى ؟

المهندس : لا يا شيماء ، ففى بعض الكائنات الحية تتواجد الخصيتان داخل الجسم ، وذلك لأن درجة حرارة الجسم تناسب فى هذه الحالة إنتاج الحيوانات المنوية .

أحمد : لكن كيف تنتج الخصية الحيوانات المنوية ؟

المهندس : وهو يربت على كتف أحمد قائلا له :

كنت أتوقع منكما ياعزيزىّ مثل هذا السؤال ، وهو سؤال منطقى إذ لابد من وجود

وسيلة معينة داخل الخصية لإنتاج الحيوانات المنوية .

تتركب الخصية من مجموعة من الأنابيب الملتفة حول نفسها، والتى تمثل الوحدة التركيبية للخصية ، وهى المسئولة عن إنتاج الحيوانات المنوية .. إذن فهى أنبوبة ، مسئولة عن إنتاج الحيوانات المنوية ، ومن ثمَّ فسنسميها «الأنبوبة المنوية».

أحمد : لكن ما الذى يربط هذه الأنابيب المنوية بعضها ببعض ؟

المهندس : توجد طبقة تربط هذه الأنابيب معا وتضم بعضها إلى بعض ، وتسمى هذه الطبقة بالنسيج الضام ، وقد سمى نسيجًا لكونه يتكون من خلايا متخصصة فى ضم الأنسجة بعضها لبعض، وقد سمى ضامًا لكونه يضم أنسجة أو أعضاء بعضها إلى بعض.

شيماء : إذن فالأنبوبة المنوية هى المسئولة عن تكوين الحيوانات المنوية .

المهندس : نعم يا شيماء .

ويكمل أحمد الحديث ... لكن كيف يتم ذلك ؟

المهندس : لكى نعرف ذلك يا أحمد لابد أن نستعرض معا تركيب الأنبوبة المنوية .

أترىان تلك الزجاجة المستطيلة ، هذه الزجاجة الرقيقة تسمى بالشريحة ، سنأخذها وننظفها بالماء ، ثم بمادة مطهرة ، ثم نغسلها بالماء مرة ثانية ، ثم نمررها على لهب خاص يصلح لتعقيمها يسمى بلهب بنزن المضىء ، وهو لهب لا يصاحبه أدخنة أو عوادم، لأن الغاز المستخدم فى إنتاج اللهب يحترق احتراقا كاملا، ومن ثم فلا تخرج معه عوادم.

لابد أن تكون جميع الأدوات التى نستخدمها معقمة تمامًا ، حتى لا يحدث تلوث أثناء الفحص .

ثم نأخذ بإبرة سحب العينات جزءا من طبق به خلاصة الأنابيب المنوية ، ثم نضعه على الشريحة ، ونضيف صبغة معينة لإظهار الأنابيب المنوية ، ثم نغطيها بغطاء لحمايتها ، ونضعها تحت الميكروسكوب لفحصها .. أترىان عدسات الميكروسكوب يا عزيزىَّ ؟

أحمد : لكن تتواجد فيها عدسات عديدة .

وتكمل شيماء الحديث : ... لكن أيًا منها سنستخدم ؟

المهندس : كل عدسة مكتوب عليها القوة التكبيرية بالنسبة لها .

شيماء : القوة التكبيرية ؟!

المهندس : نعم يا شيماء فالعدسة فى الميكروسكوب الهدف منها أن تكبر الأشياء التى لا نستطيع رؤيتها بأعيننا فى الحالة الطبيعية .

انظرا يا عزيزىّ .. هأنذا سأضع الشريحة على العدسة ، ثم سأضبط الإضاءة الخاصة بالميكروسكوب .

أحمد : لكن كيف يتم ضبط الإضاءة ؟

المهندس : المقصود بضبط الإضاءة إما زيادتها أو إنقاصها .

شيماء : زيادة أو إنقاص ماذا ؟

المهندس : زيادة أو إنقاص الكثافة الضوئية .

أحمد : وما المقصود بالكثافة الضوئية ؟

المهندس : نقصد يا أحمد بالكثافة الضوئية كمية الأشعة الضوئية الساقطة على وحدة المساحة من الشريحة .

سنحاول الآن يا عزيزىّ أن نقرب العدسات مرة ونبعدها مرة أخرى ، وهكذا حتى تصبح الصورة التى نراها واضحة تماماً .

ويتابع المهندس حديثه قائلا : لقد أصبحت الصورة واضحة ، ومعالمها ظاهرة، انظرا يا عزيزىّ .

أتريان تلك الأشكال شبه الدائرية ، التى تترابط فيما بينها من خلال ذلك النسيج الضام .. إنها الأنابيب المنوية ، فلنضع سهم التكبير إذن على إحدى الأنابيب المنوية ، والتى نريد أن نفحصها وندرسها :

انظرا مم تتركب ؟

إنها تتركب من غشاء يحيط بما فى داخله من خلايا ، ثم طبقة كبيرة الحجم من الخلايا ، وتعرف هذه الخلايا بالخلايا المنوية الأمية «أى الخلايا التى تعتبر أصل إنتاج الحيوانات المنوية ، ثم الخلايا الأمية الابتدائية .

تتواجد بين طبقات الخلايا المنوية الأمية خلايا وظيفتها تغذية الحيوانات المنوية ، وتعرف هذه الخلايا بالخلايا المغذية أو خلايا «سرتولى» .

أحمد : لكن كيف يتم تكوين الحيوانات المنوية ؟

المهندس : تتكون الحيوانات المنوية بانقسام الخلايا الأمية المنوية لتعطى خلايا منوية ابتدائية ، والتى تنقسم متحولة إلى خلايا منوية ثانوية ، يعتريها تغيرات عديدة لتتحول فى النهاية إلى حيوان منوى.

وتسأل شيماء مباشرة .. : لكن م يتركب الحيوان المنوى ؟

المهندس : يتركب الحيوان المنوى يا شيماء من ثلاثة أجزاء هى الرأس والقطعة الوسطى والذيل .

تحتوى الرأس على جسم قمى فى مقدمة الرأس ، ويعرف هذا الجسم بالأكروسوم ، وتكمن أهمية ذلك الجسم فى إفراز الإنزيمات اللازمة لإذابة الغلاف الذى يحيط بالبويضة ، وهو غلاف يحمى البويضة ، ولا يمكن إذابته إلا من إنزيمات الجسم القمى .

ثم العنق «عنق الحيوان المنوى» الذى يليه القطعة الوسطى ، والتى تحتوى على العضى الخاص بالطاقة والمعروف بالميتوكوندريا ، ومن ثم فالقطعة الوسطى ضرورية لمد الحيوان المنوى بالطاقة اللازمة لحركته ، ثم الذيل والذى يقوم بدور العامل المساعد فى عملية الحركة .

أحمد : إذن يمكننا القول أن : الرأس ضرورية لتوفير الإنزيمات اللازمة لإذابة غشاء البويضة .

والقطعة الوسطى ضرورية لتوفير الطاقة والذيل ضرورى للمساعدة فى عملية الحركة.

عندما تتكون الحيوانات المنوية ، وعند الرغبة فى إخراج هذه الحيوانات فإنها تمر

فى قناة ملتفة كثيراً بعضها حول بعض ، وتعرف هذه القناة الملتفة بالبربخ ، ثم تسلك الحيوانات المنوية قناة أخرى تعمل كوسيلة لنقل الحيوانات المنوية ، وتعرف هذه القناة بالوعاء الناقل ، وقد سمى بذلك لكونه يحتوى على الحيوانات المنوية لحين إخراجها منه «وِعاء» وعمله على نقل الحيوانات المنوية لقناة أخرى لكى يتم قذفها «ناقل» ، ولذا سمِّى بالوعاء الناقل .

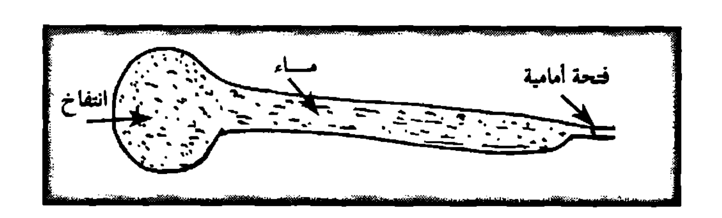
أحمد : لقد قرأت يا سيدىّ أن المسلك التناسلى فى الإنسان مشترك مع المسلك البولى ، ولذلك يعرف بالممر التناسلى البولى .

المهندس : ما تقوله صحيح يا أحمد ، لكن فى الجزء الأخير من الممر التناسلى ، حيث تصب الحيوانات المنوية والبول فى قناة واحدة تعرف بالقناة البولية التناسلية ، وتكون هذه القناة داخل عضو عضلى يسمى بالقضيب ، والذى ينتهى بالرأس .

يمكن للقضيب أن يتمدد وأن ينكمش ، ومن ثم يمكن أن يزداد فى الطول أو أن يقصر ، وذلك لوجود قوة شد عضلية .

شيماء : وماذا تفعل قوة الشد العضلية تلك ؟

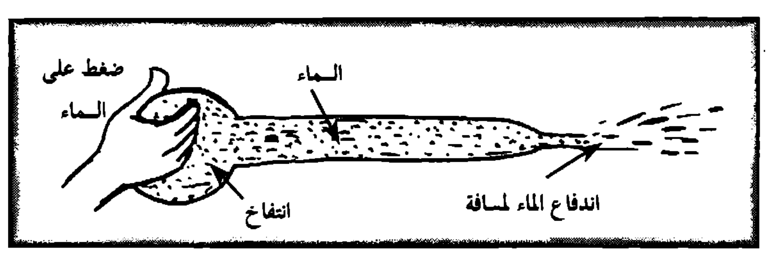
المهندس : تعنى قوة الشد العضلية وجود عضلة قوية يمكنها الانبساط والانقباض ، فانبساط العضلة يؤدى إلى الانكماش ، بينما انقباض العضلة يؤدى إلى التمدد ، ولأبسط لكما وظيفة هذه العضلة ، أتريان هذه الأنبوبة ، ذات الانتفاخ فى نهايتها المفتوحة من مقدمتها .



سنضغط على الانتفاخ بقوة ، ولذلك سيندفع الماء من الفتحة الأمامية بقوة ، ويقال فى هذه الحالة : إنّ الماء قد قذف من الأنبوبة .

سبب قذف الماء من الأنبوبة فى هذه الحالة قوة الضغط على الانتفاخ ، وكذلك

بالنسبة للحيوانات المنوية ، فإن تأثير القوة الناتجة من شد العضلات فى هذه الحالة يؤدى إلى عملية قذف للحيوانات المنوية ، مما يساعد على انتقالها إلى مكان أبعد ، وهى تشبه فى ذلك قذف الماء من الأنبوبة عند التأثير عليه بقوة الضغط كما يظهر من الشكل التالى .



توجد بعض الغدد التى تلعب دوراً مهما فى إنتاج وتغذية الحيوانات المنوية ، وتمثل هذه الغدد أنسجة إفرازية تعمل على إفراز مجموعة من الإفرازات.

أحمد : وما وظيفة هذه الإفرازات يا سيدى ؟

المهندس : تعمل هذه الإفرازات إما على تغذية الحيوانات المنوية ، أو تيسير حركتها ، أو منع الخلط بين السائل المنوى والسائل البولى .

شيماء : وكيف تتحدد هذه الوظائف ؟

المهندس : لكل غدة وظيفة يا شيماء ، حيث لا يحدث خلط بين الوظائف؟

أحمد : وما هذه الغدد ؟

المهندس : من تلك الغدد غدتا كوبر ، وهما غدتان تعملان على إفراز سوائل مغذية تعمل على تغذية الحيوانات المنوية ، مما يحافظ على حيويتها ، ومن ثمَّ تصبح هذه الحيوانات المنوية خصبة.

شيماء : وقد بدا عليها الاستغراب .. وهى تقول خصبة .. ما معنى كلمة خصبة ؟

المهندس : ينتج من الخصيتين ملايين الحيوانات المنوية ، لكن هذه الحيوانات المنوية جميعها تتمتع بالحيوية ، والقدرة على إخصاب البويضات .

أحمد : إذن العدد ليس هو كلُّ شىء حينئذ !

المهندس : تمامًا كما قلتَ يا أحمد ، فلابد من أن تكون هذه الحيوانات المنوية متمتعة

بالحيوية ، وتستطيع الحركة ، لكى تتمكن من الوصول للبويضة ، وتعمل على إخصابها .

شيماء : وباقى الغدد ؟

المهندس : من الغدد الأخرى غدة البروستاتا ، والتى تمنع حدوث خلط بين السوائل المنوية والسوائل البولية ، ومن ثم يساعد ذلك على المحافظة على حيوية الحيوانات المنوية ، كما تفرز سوائل مغذية للحيوانات المنوية .

يمكن إيضاح دورة انتقال الحيوانات المنوية حتى يتم قذفها كما يلى :

الخصيتان ← **البربخ** ← **الوعاء الناقل** ← **القضيب** ←

الخصيتان	البربخ	الوعاء الناقل	القضيب
إنتاج الحيوانات المنوية	انتقال الحيوانات المنوية	انتقال الحيوانات المنوية	خروج الحيوانات المنوية للخارج

شيماء : لكن ما الأعضاء الأساسية والأعضاء غير الأساسية فى الجهاز التناسلى الذكرى؟

المهندس : تعتبر الخصيتان من الأعضاء الأساسية ، ثم يوجه حديثه لأحمد قائلا له .. أتدرى لماذا يا أحمد ؟

أحمد : لأنها تنتج الحيوانات المنوية ؟

ويتابع المهندس كلامه قائلا :كذلك الغدد التناسلية من الأعضاء التناسلية الأساسية .. ويوجه حديثه إلى شيماء قائلا لها : ... أتدرين لماذا يا شيماء ؟

شيماء : لأنها تفرز إفرازات تحافظ على حيوية الحيوانات المنوية .

أحمد : والأعضاء التناسلية غير الأساسية ؟

المهندس : الأعضاء التناسلية غير الأساسية يا أحمد هى الأعضاء التى لا تشترك فى إنتاج الحيوانات المنوية أو المحافظة على حيويتها .

شيماء : إذن ما وظيفتها ؟

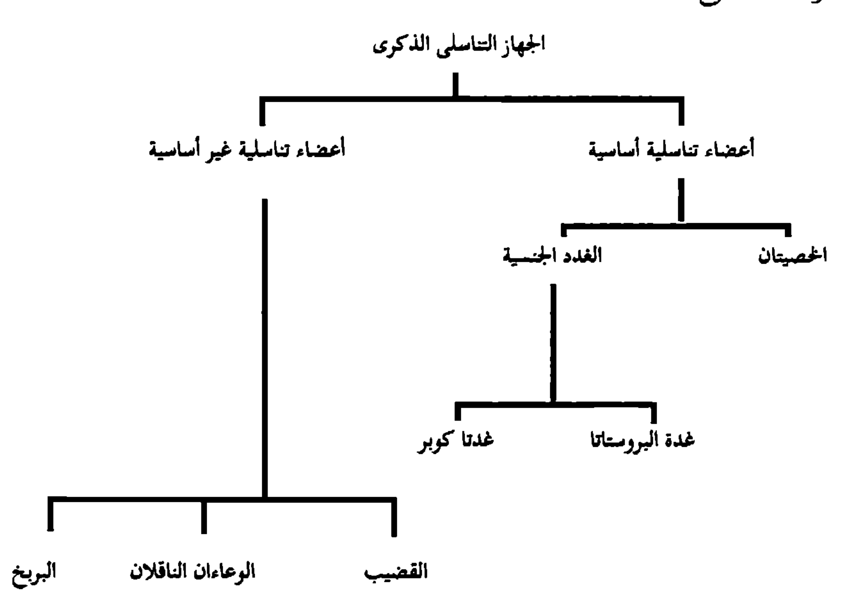
يكمل أحمد الحديث قائلا .. أنسيت يا شيماء الكلام السابق عن وظائف هذه الأعضاء ؟

شيماء : أرجو أن تذكرنى يا أحمد .

أحمد : هذه الأعضاء ـ يا شيماء ـ تعمل على نقل الحيوانات من مكان لآخر، حتى تصل إلى مرحلة الخروج من الجهاز التناسلى الذكرى ، ومن ثمّ فقناة البربخ أو الوعاء الناقل ، أو القضيب أعضاء غير أساسية فى عملية التناسل أو فى تركيب الجهاز التناسلى الذكرى.

شيماء : ولو لخصنا ما سبق فى شكل تخطيطى .. كيف سيكون ؟

المهندس : يكون كالتالى :



أحمد : والجهاز التناسلى الأنثوى ؟

المهندس : وهو ينظر إلى أحمد بابتسامة واضحة ، نعم يا أحمد فقد حان الوقت لنتحدث عنه ، فهو الجهاز المكمل فى وظيفة التكاثر للجهاز التناسلى الذكرى .

وتكمل شيماء الحوار لتقول وهى توجه حديثها إلى أحمد ، تماما فكلاهما يكمل الآخر ، فالجهاز التناسلى الذكرى ينتج حيوانات منوية ، بينما الجهاز التناسلى الأنثوى ينتج البويضات ، وتمثل الحيوانات المنوية ، والبويضات ركنى عملية التكاثر ، حيث إن التقاء الحيوان المنوى ذى الحيوية الجيدة بالبويضة الجاهزة للإخصاب يؤدى إلى حدوث عملية الإخصاب ، وتكوين الخلية الجنينية

الأولى ، والتى يتتابع تكوينها الجنينى ليتكون فى النهاية الجنين الكامل.

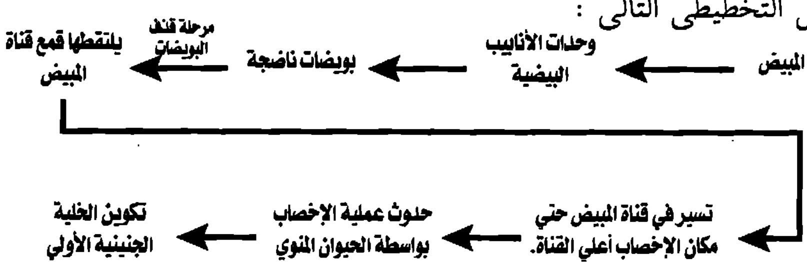
ويتابع المهندس حديثه قائلا : يتكون الجهاز التناسلى الأنثوى كالجهاز التناسلى الذكرى من أعضاء أساسية فى المبيضين ، وأعضاء غير أساسية ، وتتمثل الأعضاء الأساسية فى المبيضين ، وهما اللذان يمثلان مكان إنتاج البويضات فى الجهاز التناسلى الأنثوى . فيما تتمثل الأعضاء التناسلية غير الأساسية فى قناة البيض (قناة المبيض) وتعرف أحيانا بقناة «فالوب» .

شيماء : ولما كل هذه التسميات ؟

المهندس : لكل تسمية سبب ، فقد سميت بقناة المبيض ، لأنها تبدأ من المبيض وتتصل به ، وسميت بقناة البيض ، لأن البويضات عند قذفها من المبيض يلتقطها قمع قناة البيض لتمر فيه ، حتى تصل إلى أعلى مكان فى القناة ، حيث مكان الإخصاب الذى يستطيع أن يصل إليه الحيوان المنوى حيث يحدث الإخصاب عند التقاء الحيوان المنوى بالبويضة .

أحمد : لكن م يتركب المبيض ؟

المهندس : يتركب من وحدات تركيبية يعرف كل منها بالأنبوبة البيضية أو أنبوبة البيض، وهى المسئولة عن تكوين البويضات ، ولأبسط لكما الموضوع أكثر .. انظرا إلى الشكل التخطيطى التالى :



شيماء : وكيف تتكون البويضة ؟

المهندس : تنقسم الخلايا الأمية البيضية المبطنة لجدار المبيض لتعطى خلايا بيضية ثانوية، والتى تتحول من خلال التأثيرات الهرمونية إلى ما يعرف بحويصلة جراف ، وهى عبارة عن جسم حوصلى يحيط بالبويضة .

إما أن يحدث انهيار لحويصلة جراف والبويضة داخلها ، ومن ثم تنزل البويضة مع الدم المعروف بدم الطمث أو الحيض ، أو تنضج البويضة ، ويتم قذفها من حويصلة جراف ، والتى تتحول إلى ما يعرف بالجسم الأصفر . يلتقط المبيض البويضة المقذوفة لكى تصل إلى مكان الإخصاب بقناة المبيض حيث يلتقى بها الحيوان المنوى ، ويحدث الإخصاب .

أحمد : والأعضاء التناسلية الأنثوية غير الأساسية ؟

المهندس : تتمثل هذه الأعضاء فى :

الرحم : وهو عضو عضلى قوى ، له انقباضاته الشديدة عند الولادة ، وتبطنه طبقة من الأوعية الدموية الكثيفة ، والتى تمده بما يحتاج إليه من مواد غذائية وأكسجين ، ومن ثم يعمل الرحم كوسادة يرتكز عليها الجنين ، وفى الوقت نفسه توفر له الحماية من الصدمات .

المهبل : وهو عضو عضلى أيضا ، ويمتد من نهاية الرحم وحتى فتحة الفرج «الفتحة التناسلية» .

أحمد : وماذا يحدث عند عملية التكاثر ؟

المهندس : أترى تلك الدواة التى تمتلئ بالحبر يا أحمد ، وذلك القلم الذى أمسك به فى يدى ؟

أحمد : نعم .

المهندس : أترى كيف أدخلت القلم داخل الدواة ، حيث حدث الاندماج بينهما ؟

أحمد : نعم .

ويتابع **المهندس** حديثه قائلا :

هكذا يحدث الاندماج بين العضو التناسلى الأنثوى والعضو التناسلى الذكرى ، حيث يتم قذف الحيوانات المنوية داخل الجهاز التناسلى الأنثوى ، حيث تسير الحيوانات المنوية حتى تصل إلى أعلى أنبوبة «فالوب» حيث تستقر البويضة ، ليحدث الإخصاب .

شيماء : وكيف يتم الإخصاب ؟

المهندس : يتم الإخصاب باتحاد المادة النووية (أى مادة النواة) للحيوان المنوى والتى تحتوى على المادة الوراثية المذكرة الممثلة لنصف المعلومات الوراثية الكافية لإتمام عمليات النمو والتكوين الجنينى مع المادة النووية للبويضة ، والتى تحتوى على المادة الوراثية الأنثوية الممثلة لنصف المعلومات الوراثية الآخر الضرورى لإتمام عملية النمو والتكوين الجنينى .

أحمد : لكن لا شك أن هذه العملية تتم على مراحل .

المهندس : أصبت يا أحمد ، فعملية الإخصاب تتم فى مراحل ، حتى يحدث الاندماج بين المادة الوراثية التى يحملها الحيوان المنوى ، والمادة الوراثية التى تحملها البويضة .

تبدأ هذه المراحل بوصول البويضة لمكان الإخصاب ، حيث تستقر فى مكان الإخصاب ، ثمَّ يصل الحيوان المنوى إلى مكان الإخصاب .

أحمد : وهل كل الحيوانات المنوية تستطيع أن تصل لمكان الإخصاب .

المهندس : لا يا أحمد ، فالذكر يقذف فى الجهاز التناسلى الأنثوى ما يقرب من (٢٠٠-٣٠٠) مليون حيوان منوى ، لكن هذه الحيوانات المنوية تختلف فيما بينها فى أشياء عديدة .

شيماء : وما هذه الأشياء ؟

المهندس : من الأشياء التى تختلف فيها الحيوانات المنوية مايلى :

١- الحيوية : فمن المنطقى ألا تتساوى الحيوانات المنوية فى حيويتها ، والمقصود بحيوية الحيوانات المنوية مدى قدرة الحيوانات المنوية على أداء العمليات الحيوية الخاصة بها .

٢- الخصوبة : ونعنى بالخصوبة مدى قدرة الحيوان المنوى على أن يخصب البويضة ، وتختلف الحيوانات المنوية فى درجة خصوبتها ، فبعضها ذو خصوبة قوية ، والبعض الآخر ذو خصوبة متوسطة .

٣- حركية الحيوانات المنوية : المقصود بحركية الحيوان المنوى مدى قدرته على الحركة داخل الجهاز التناسلى الأنثوى ليصل إلى مكان الإخصاب فبعض الحيوانات المنوية سريعة الحركة ، وبعضها متوسطة الحركة ، وبعضها بطىء الحركة .

٤- مدى مقاومتها للعوامل السيئة .

ويتوقف المهندس عن الكلام ، ثم يكمل حديثه قائلا :

لا تعتقد أن الطريق الذى تسلكه الحيوانات المنوية قصير ، فهو قصير بالنسبة لنا ، لكنّه طويل بالنسبة للحيوان المنوى .

ومن ثم فالحيوان المنوى يقطع رحلة طويلة حتى يصل إلى مكان الإخصاب ، حيث البويضة ليحدث الإخصاب .

يعانى الحيوان المنوى كثيرا من الظروف المعاكسة له أثناء هذه الرحلة .

أحمد وهو ينظر بعجب إلى المهندس : ظروف معاكسة ؟!

المهندس : نعم يا أحمد ، ولكى أبسط لك الموضوع سأسوق لك هذا المثال:

لو افترضنا أن سائقا لسيارة يسير على طريق والطريق به ازدحام، وبه التواءات وتعرجات وغير مرصوف هل سيستطيع أن يسير كما يريد ؟ .. بالطبع لا ، لأن الظروف غير مناسبة ، وهكذا الحيوان المنوى ، حيث إن الحيوان المنوى قد يعانى من ظروف غير مناسبة عديدة تعوق حركته ، ولا تجعله يصل إلى مكان الإخصاب.

شيماء : وما هذه الظروف ؟

المهندس : تتمثل تلك الظروف فى عدم ملاءمة درجة الحموضة والقلوية داخل الجهاز التناسلى الأنثوى ، فقد تكون درجة الحموضة زائدة، ومن ثم تؤثر على حيوية الحيوانات المنوية ، وقد تكون درجة القلوية مرتفعة ، ومن ثم تؤثر على حيوية الحيوانات المنوية ، ومن الظروف غير الملاءمة الأخرى وجود ثنيات لحمية زائدة داخل الجهاز التناسلى الأنثوى ، حيث تعمل هذه الثنيات على إعاقة حركة الحيوانات المنوية .

شيماء : ما علاقة كل ما ذكرته يا سيدى بتكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم ؟

المهندس : تستخدم تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم فى حالة وجود عوائق داخل الجهاز التناسلى الذكرى أو وجود عوائق داخل الجهاز التناسلى الأنثوى .

أحمد : نرجو إيضاحًا أكثر .

المهندس : قد تتواجد يا أحمد انسدادات داخل الوعاء الناقل ، أو البربخ تعمل على إعاقة انتقال الحيوانات المنوية داخل الجهاز التناسلى الذكرى ، مما يؤدى إلى عدم قذف الحيوانات المنوية.

شيماء : وكذلك توجد عوائق داخل الجهاز التناسلى الأنثوى ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فقد تكون درجة الحموضة والقلوية غير مناسبة لانتقال الحيوانات المنوية داخل الجهاز التناسلى الأنثوى ، وقد توجد انسدادات داخل الجهاز التناسلى الأنثوى تؤدى إلى عدم وصول الحيوان المنوى لمكان الإخصاب .

شيماء: وكيف نتغلب على هذه الصعوبات ؟

المهندس : من خلال تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم .

أحمد : وكيف يتم ذلك ؟

المهندس : يتم أخذ سحبة «كمية» من الحيوانات المنوية المنتجة من الخصية، ثم يتم اختيار أحد الحيوانات المنوية ، والذى يراعى فى اختياره ما يلى :

- أن يكون أكثر الحيوانات المنوية خصوبة .
- أن يكون أكثر الحيوانات المنوية حيوية.
- أن يكون ذا درجة نشاط عالية .

شيماء : وكيف يتم اختياره ؟

المهندس : توجد طرق عديدة يمكن من خلالها انتقاء الحيوان المنوى ذى المواصفات الخاصة .

أحمد : والبويضة ؟

المهندس : يتم أخذ البويضة عند نضجها من المبيض بنفس الطريقة ، حيث نعد بيئة مشابهة لبيئة الرحم داخل أنبوبة اختبار ، حيث نضع فيها البويضة المأخوذة من المبيض .

أحمد : بيئة تشبه بيئة الرحم !!

المهندس : لا تتعجب يا أحمد ، فقد قلت لك سابقا : إن الرحم يمثل مكان الاستقرار

للبويضة المخصبة ، أى التى تمّ إخصابها بواسطة الحيوان المنوى ، حيث تتكون الخلية الجنينية الأولى ، والتى يتتابع نموها ليتكون الجنين بعد ذلك .

شيماء : ثم ماذا يحدث بعد ذلك ؟

المهندس : نأخذ الحيوان المنوى المختار والمنتقى ، ثم نضيفه إلى البويضة داخل أنبوبة الاختبار ، حيث يتحد الحيوان المنوى بالبويضة فى بيئة شبيهة تماما ببيئة الإخصاب الطبيعية فى مكان الإخصاب أعلى قناة فالوب «قناة البيض» .

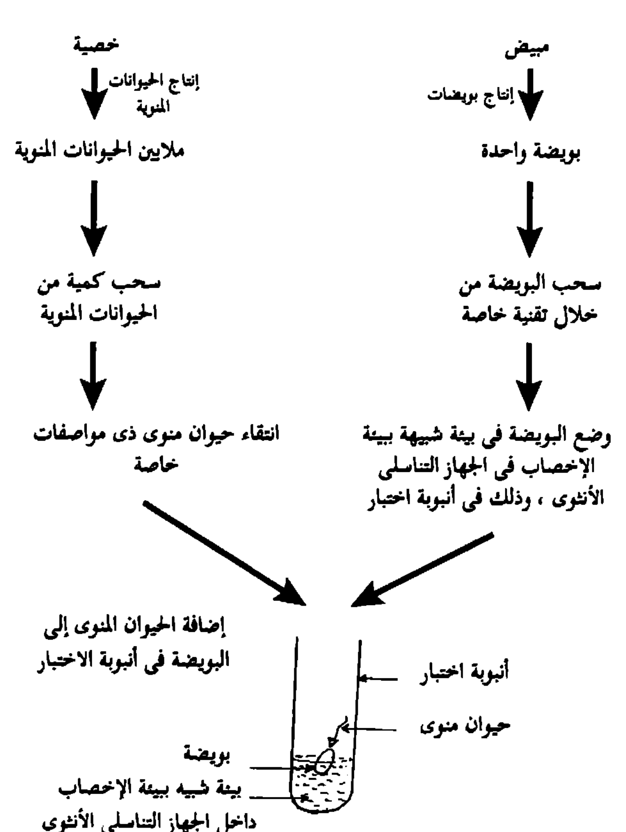
أحمد : إنّه لقاء غريب ، لقاء نصف المعلومات الوراثية المحمولة فى المادة النووية المذكرة ، مع نصف المعلومات الوراثية المحمولة فى المادة النووية المؤنثة .. لكن ..

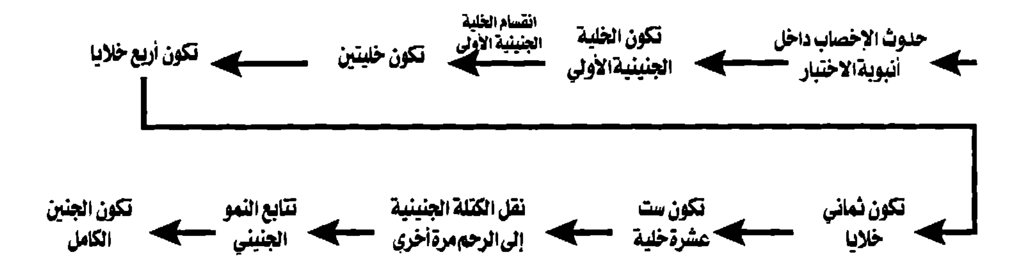
ويكمل **المهندس** الحديث ليقول لأحمد :

لكن ماذا يا أحمد ؟

أحمد : لكن وجه الغرابة أنّه لقاءٌ داخل أنبوبة اختبار !!

المهندس : فى هذه الأنبوبة يا أحمد يتم اللقاء ، والذى يؤدى إلى تكوين الخلية الجنينية الأولى ، والتى تنقسم لتعطى خليتين ، ثم أربعا ، ثم ثمانية ، فست عشرة ، ثم يعاد زرعها فى الرحم مرة أخرى لتواصل نموها الجنينى ، حتى يتكون الجنين ، ولنوضح ذلك فى الشكل التخطيطى المقابل :





أحمد : لكن يمكننا القول : إن تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم مضمون نجاحها بنسبة ١٠٠ ٪ .

المهندس : لا يا أحمد ، فمن الممكن أن تجرى تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم ، لكن يفشل الجنين فى الوصول إلى التكوين الجنينى الكامل .

شيماء : وما أسباب ذلك ؟

المهندس : من أهم هذه الأسباب يا شيماء ضعف بطانة الرحم ، فكما ذكرت لكما من قبل أنّ البطانة العضلية للرحم ذات الأوعية الدموية الكثيفة تعمل على حمل الجنين، وتوفير الراحة الكافية له، حتى يكتمل نموه ، ويبدأ الرحم فى الانقباض طارداً الجنين للخارج ، وهو ما يعرف بالولادة .

ويكمل المهندس حديثه قائلا :

يؤدى ضعف بطانة الرحم إلى سقوط الكتلة الجنينية من الرحم مع حدوث نزيف نتيجة لانهيار بطانة الرحم مما يؤدى إلى فشل العملية تماما .

أحمد : وهل توجد حلول لذلك ؟

المهندس : يدرس العلماء حاليا إمكانية تقوية بطانة الرحم للدرجة التى يمكن معها احتمال الكتلة الجنينية التى توضع عليها ، بما لا يسمح بانهيار بطانة الرحم ، لكن ذلك يحتاج إلى تقنيات دقيقة جدا ، وتحتاج فى تنفيذها إلى مهارة عالية جداً ، وخبرة فائقة فى التعامل معها ، حتى لا يحدث ضرر بالبطانة .

شيماء : لابد إذن من حلول أخرى .

المهندس : تماما كما قلتِ يا شيماء ، فالعلماء يفكرون حاليا فى إنتاج أرحام صناعية

يمكن استخدامها كبدائل للأرحام الطبيعية .

أحمد : أرحام صناعية ؟

المهندس : لاتتعجب يا أحمد ، فالعلم يمكن أن يحقق أى شيء فى حياتنا، بشرط أن يكون هذا الشيء فى دائرة الممكن للمخلوق.

وينظر **المهندس** إلى أحمد وهو يراه يفكر بعمق ، فيسأله : فيم تفكر بعمق يا أحمد؟

أحمد : فيما قلت يا سيدى ، فى دائرة الممكن للمخلوق.

ويبتسم **المهندس** ، ثم يقف ، ويقف معه أحمد وشيماء ، ويسير المهندس معهما ، وهو يضع يده على كتف أحمد ، وهو يقول لهما :

أترياں هذه الأرض وتلك السموات ، النباتات ، الطيور ، الجوامد .. إلخ ، تلك يا عزيزىّ هى الدنيا ، وتلك كائناتها الموجودة بها ، ونحن منها ، وهذه الكائنات تتفاعل بعضها مع بعض وتتداخل فى علاقات شديدة فيما بينها ، فبعضها يفيد البعض الآخر، وبعضها يضر البعض الآخر ، وبعضها لايفيد ولا يضر ، علاقات عديدة تحتوى على أحداث كثيرة ، وهذه الأحداث تتم من خلال القوانين والعلاقات التى أوجدها الله لتسيير نظام الكون ، والإنسان هو الكائن الحى العاقل الوحيد فى الأرض ـ إن لم نقل فى الكون ـ لذلك فهو يحاول دومًا أن يدرس ما حوله ، أن يتأمله ، ينظر إليه نظرة عميقة ، عانى كثيراً منذ أن نزل من الجنة حيث رغد العيش فلا كبد ولا معاناة ، لكنه القدر الذى شاء له أن ينزل إلى الأرض ، حيث الأسباب والأحداث ، فوجد معاناة كبيرة ، لذا بدأ يفكر فى قوته العضلية والجسمانية الضئيلة ، التى ستعجز أن توفر له الأمان إن اعتمد عليها ، لذلك اعتمد على عقله ، وبدأ يُعْمِل فكره ليتغلب على ما يواجهه من مشكلات ، فقد صنع المركبة التى تجرها الخيول ، ثم الدراجة ، ثم السيارة ، ثم الطائرة ، ثم مكوك الفضاء والقمر الصناعى ، كما استطاع أن يسيطر على الأمراض ويقاومها ويقضى عليها ، صنع الميكروسكوب ليرى به ما لم يستطع أن يراه بعينيه المجردتين للصغر الشديد لهذه الأشياء ، فبعضها يقاس قطره بواحد من مليون من المتر ، وهو ما يعرف بالميكروميتر أى ١/١٠٠٠٠٠٠ من المتر ، ومن ثم استطاع أن يرى الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا والفيروسات وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة ، كما صنع التلسكوبات ليرى ما هو بعيد كالنجوم ، والتى لا يستطيع أن يراها لبعدها

الشديد عنه .

يستطيع الإنسان أن يفعل يا عزيزىّ أىٍ شىء فى نطاق قدراته العقلية التى منحها له الله سبحانه وتعالى ، وهو ما يمكن أن نسميه بدائرة الممكن ، أى ما يمكن أن يقع من أحداث ، لكن ما هو خارج دائرة قدرة الإنسان ، لايمكن للإنسان أن يفعله ، ومن أمثلة ذلك الروح ، فمهما فعل الإنسان ومهما حاول فلن يستطيع أن يصل إلى سر الروح ، لأن ذلك يتعلق بالله سبحانه وتعالى .

أحمد : لقد فهمنا الآن قولك «دائرة الممكن» فلنعد إذن إلى تكنولوجيا الأرحام الصناعية .

المهندس : الأرحام الصناعية هى عبارة عن محضنات صناعية ، تمثل بيئة شبيهة بالبيئة الطبيعية للرحم ، حيث توجد ظروف مماثلة تماماً لظروف الرحم ، بما يفيد فى نمو الخلية الجنينية الناتجة من الإخصاب خارج الرحم ، داخل المحضن الصناعى حيت اكتمال فترة التكوين الجنينى ، وخروج الجنين من المحضن.

شيماء : إنها تقنيات لو سمع بها أجدادنا لظنوها ضرباً من الخيال .

المهندس : لكنها أصبحت واقعًا يا شيماء ، وتلك هى وظيفة العلم والتكنولوجيا ، تحويل ما فى عقول العلماء من فكر وطموح إلى واقع.

وتتابع شيماء الحديث قائلة : لكن أليس من الممكن تعجيل عمليات التكوين الجنينى داخل المحضنات الصناعية ، ليكمل نمو الجنين فى فترة أقل من تسعة أشهر ؟

المهندس : يأمل العلماء فى تحقيق ذلك يا شيماء ، فقد درسوا عملية التكوين الجنينى ، وتوصلوا إلى وجود مجموعة من الجينات توجه عمليات النمو تلك ، فكل مرحلة تبدأ وتنتهى تحت تحكم جينى كاملٍ ، فعمليات انقسام الخلايا الجنينية حتى تتكون الكتلة الجنينية ، وعمليات التَّعَضْون ، أى تكوين الأعضاء من قلب ومخ وأطراف ورئتين ، وكليتين ، وأجهزة تناسلية وبولية وجهاز دورى .. إلخ ، تتم تحت تحكم التعبير الجينى .

أحمد : إذن كل صغيرة وكبيرة فى مراحل التكوين الجنينى لابد وأن تتم تحت تحكم الجينات .

المهندس: تمامًا يا أحمد ، والجين كما عرفت يظهر خصائصه من خلال ما يُسمَّى بالتعبير الجينى ، فكلما ازداد التعبير الجينى للجين استطاع أن يظهر خصائصه بسهولة وبسرعة ، وكلما حدث بطء فى التعبير الجينى تأخر حدوث العمليات البيولوجية التى يتحكم فيها الجين.

شيماء: نود أن تبسط لنا ذلك يا سيدى .

المهندس: لأبسط لكما ذلك سأضرب لكما ذلك المثال ، فلنفرض أننا جئنا بتلميذ فى بداية التحاقه بالمرحلة الثانوية ، وقلنا له : لديك عشرون مادة ، وسوف يقوم عدد من المدرسين بشرحها لك ، وسوف تذاكر أنت هذه المواد ، ولك حرية تحديد الامتحان عندما ترغب فى أى مادة ، بشرط ألا تزيد الفترة الكلية لامتحان جميع المواد على ثلاث سنوات ، إذا أراد هذا التلميذ أن يعبر عن نفسه من خلال مذاكرته لدروسه ، وإتقانه لها فسيستطيع أن يتجاوز هذه المرحلة ربما فى سنة أو أقل أو أكثر قليلا ، لكنه إذا عجز أن يذاكر دروسه ، ويستوعبها ، ويفهم ما فيها من صعاب ، فإنَّه سيتأخر فى تجاوز هذه المرحلة ، إذن ففى النهاية الموضوع متعلق بمدى تعبيره هو عن نفسه ، ونجاحه فى إظهار قدراته على التحصيل.

وهكذا الجين ،فكلما استطاع الجين أن يعبر عن نفسه ، حدث التعجيل فى حدوث العمليات الحيوية المسئول عنها ، ومن هذه العمليات الحيوية المهمة التى يتحكم فيها التعبير الجينى عمليات النمو والتكوين الجنينى ، فكلما كان التعبير الجينى للجينات المتحكمة فى عمليات النمو والتكوين الجنينى سريعًا حدث تسارع أو تعجيل فى عمليات التكوين الجنينى .

شيماء: وكيف يتم ذلك ؟

المهندس: يتم من خلال تقنيات عالية ، لكن ذلك ما زال تحت الدراسة والبحث ، ويأمل العلماء فى تحقيق ذلك مستقبلا .

شيماء: لكن هل وجد شروط لنجاح تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم؟

المهندس: لكى تنجح تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم يا شيماء لابد أن يكون الحيوان المنوى المأخوذ من الخصية يتميز بالحيوية الكبيرة ، والخصوبة الكبيرة ، كما يجب

أن تكون البويضة المأخوذة من المبيض خصبة ، أما فى حالة كون الحيوان المنوى الناتج من الخصية قليل الحيوية أو قليل الخصوبة ، أو أن البويضة المأخوذة من المبيض غير سليمة ، فإنَّ ذلك يعرض تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم للفشل .

أحمد : لكن البعض يقول : إن تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم حرام.

المهندس : أولئك يا أحمد حكموا بتحريم تقنية الإخصاب خارج الرحم دون بحث ودراسة وتأمل لهذه التقنية .

فهذه التقنية توفر للزوجين اللذين يعيشان متحابين وسعيدين معاً لكن هذه السعادة يقلل من تأثيرها عدم قدرة أحد الزوجين على الإنجاب ، أو كليهما ،وذلك لوجود مشكلات فى جهازهما التناسلى سواءً كان ذلك عبارة عن انسدادات داخل الجهاز التناسلى أو وجود ظروف غير مناسبة لحدوث عملية الإخصاب - إن ينجبا من خلال تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم... أين وجه التحريم حينئذ ؟! .. لكن إذا تجاوز ذلك الزوجان ، فهنا يكون وجه التحريم ، ومن أمثلة ذلك :

أخذ الحيوان المنوى من رجل لكى يتم استخدامه فى عملية إخصاب لبويضة امرأة أخرى غير زوجته ، سواء كان ذلك نظير مقابل مادى أو تبرعا ، ونفس الوضع بالنسبة لأخذ بويضة من امرأة ليتم إخصابها بواسطة حيوان منوى من رجل غير زوجها .

شيماء : وما وجه التحريم هنا ؟

المهندس : علة أى سبب التحريم هنا هو الحفاظ على الأنساب ، أى معرفة أن فلان بن فلان بن فلان بن فلان ... إلخ ، وهكذا ، والذى يحكم ذلك أن يكون الجنين الناتج من خلال إخصاب الحيوان المنوى للزوج لبويضة الزوجة ، أما خلاف ذلك فيحدث فوضى فى الأنساب ، فلا نعرف ابن من هذا ؟

أحمد : نود توضيحا أكثر .

المهندس : فلنفرض يا أحمد أنّ (س) من الرجال ، ونعنى ذلك أى رجل أخذ الحيوان المنوى منه ، ثم أخصبت به بويضة امرأة أخرى غير زوجته ، ثم وضعت هذه المرأة طفلها ، حيث يعرف الناس جميعهم الذين يعيشون فى هذا المجتمع أن هذا الطفل

هو ابن الرجل زوج المرأة الحقيقى ، لكن الحقيقة خلاف هذا ، حيث إنّ هذا الطفل هو ابن الرجل المعطى للحيوان المنوى ، ألا يعنى ذلك حدوث اختلاط فى الأنساب كما أنّ ذلك يحدث عَبَثًا فى زواج المحرمات ، لكى أوضح لك ذلك ، من خلال نفس المثال ، فالابن الناتج من إخصاب حيوان منوى لرجل مع بويضة لأمرأة غير زوجته يكون أخًا فى الحقيقة «من الناحية الوراثية» لأبناء الرجل المأخوذ منه الحيوان المنوى ، ومن ثمَّ فهو لا يحق له أن يتزوج أيًا من إناث ذلك الرجل ، لأنهن فى الأصل أخواته ، وهكذا .

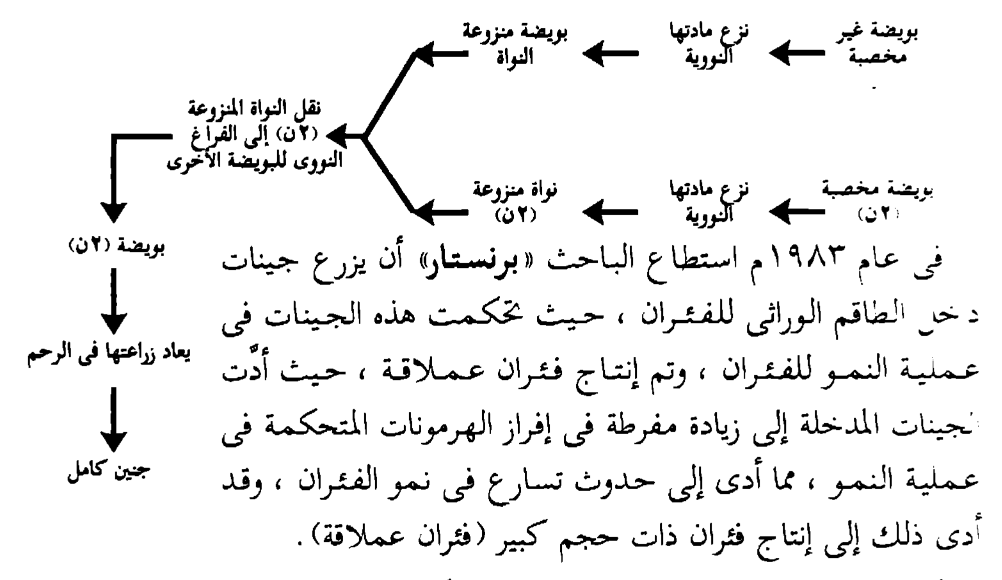
لذلك يتضح لنا وجه التحريم فى شيوع تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم غير المقنن ، وهكذا فأى شيء يسبب فوضى فى الأنساب يكون حراماً .

تلك هى تكنولوجيا الإخصاب خارج الرحم ، والتى كانت تمثل البداية لثورة كبيرة فى علم التكاثر والهندسة الإنجابية ، ونعنى بهما قدرة الإنسان على التناسل بإعطاء نسل جديد ، يحافظ به الإنسان من خلاله على بنى جنسه ، وعلى نوعه .

أحمد : لنعد مرة أخرى إلى رحلة تطور تقنية الاستنساخ ... كيف تطورت بعد ذلك ؟

المهندس : فى عام ١٩٧٩م استطاع عالم الأجنة «**كارل المنسى**» أن يجرى عملية نقل نووى من بويضة إلى بويضة أخرى ، وذلك من خلال نزع نواة بويضة ، ونقل هذه النواة إلى بويضة أخرى بعد تفريغها من نواتها ، وإدخال النواة المنزوعة داخل الفراغ النووى للبويضة الثانية ، ومن المنطقى أن كارل المنسى قام بنزع بويضة مخصبة أى تمَّ إخصابها ، بينما البويضة الأخرى لم يتم إخصابها، ثم زرع البويضة المنقول لها نواة بويضة مخصبة للرحم لتنمو إلى جنين كامل ، وهو ما حققه طاقم بحثى بجامعة جنيف عام ١٩٨١م.

ويكمل **المهندس** حديثه قائلا : يمكننى تبسيط ما فعله كارل المنسى فى الشكل التخطيطى التالى :



فى عام ١٩٨٣م استطاع الباحث «**برنستار**» أن يزرع جينات دخل الطاقم الوراثى للفئران ، حيث تحكمت هذه الجينات فى عملية النمو للفئران ، وتم إنتاج فئران عملاقة ، حيث أدّت الجينات المدخلة إلى زيادة مفرطة فى إفراز الهرمونات المتحكمة فى عملية النمو ، مما أدى إلى حدوث تسارع فى نمو الفئران ، وقد أدى ذلك إلى إنتاج فئران ذات حجم كبير (فئران عملاقة).

أحمد : لكن عمليات العملقة فى النمو بتأثير الهرمونات ، ثم يسكت هنيهة، وهو يقول من الممكن ، ربما ، قد ..

المهندس: وهو يوجه حديثة إلى أحمد : من الممكن ، ربما ، قد ...فيم تفكر يا أحمد؟!

أحمد : فى عمليات العملقة للفئران .

المهندس : ما لها ؟

أحمد : أليس من الممكن أن تؤدى العملقة تلك إلى أضرار صحية وخيمة على الفئران؟

المهندس : وهو يبتسم ، ويقول : أصبحت تتكلم وتفكر كالباحثين تماما يا أحمد.

ويكمل أحمد الحديث ليقول : أرجو ذلك يا سيدى ، فإن للعلم رونقه وجلاله .

المهندس : ما قلته قد يكون صحيحًا يا أحمد ، لكنّه لم يثبت من الناحية العلمية ، ومازالت تجرى العديد من الدراسات والأبحاث لتقييم هذا الوضع ، مما سيقودنا فى النهاية إما إلى إثبات الضرر القاطع لعمليات الإيلاج أى الإدخال الجينى لجينات النمو ، أو إثبات عكس ذلك .

شيماء : وفيم سيفيدنا ذلك ؟

المهندس : سيفيدنا كثيرا يا شيماء ، فمعرفتنا بمدى إمكانية ضرر الجينات المدخلة

لتسريع عملية النمو ، سيجعلنا نتخذ موقفًا حاسماً تجاه استخدام هذه الجينات مع أنسجة وكائنات حية أخرى كالنباتات والحيوانات وبخاصة الماشية ، ومن أمثلة ذلك: إنتاج نباتات عملاقة ، مما يمكنها من أن تأخذ احتياجاتها من الضوء اللازم لعملية التمثيل الضوئى ، وذلك لحاجة هذه النباتات الشديدة للضوء ، حيث يعرضها قلة الضوء الممتص من خلال الأوراق إلى تقليل المخزون الغذائى بها ، مما يؤثر على جودة ثمارها.

من الأمثلة الأخرى إنتاج ثمار كبيرة الحجم ، من خلال التطعيم بجينات محفزة للأداء الوظيفى لهرمونات النمو ، حيث تؤدى هذه الهرمونات إلى حدوث زيادة مفرطة فى كمية الهرمونات ، بما يؤدى لزيادة حجم الثمرة .

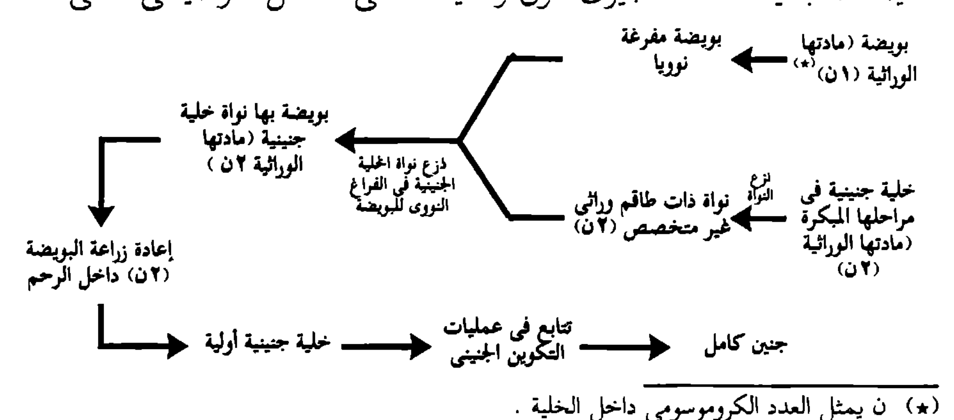
أحمد : لكن أليس من الممكن إنتاج حيوانات عملاقة من خلال تنشيط جهازها الهرمونى ، وذلك بتطعيم طاقمها الوراثى بمجموعة من الجينات المنشطة للأداء الهرمونى المتحكم فى عملية النمو ؟

المهندس : يمكن ذلك ، وهو من الأهداف التى يطمح العلماء إلى تحقيقها.

شيماء : وماذا كانت المرحلة التالية فى مرحلة تطور الاستنساخ الحيوى ؟

المهندس : فى عام ١٩٩٣م استطاع عالم الوراثة الأمريكى «**جيرى هول**» وزميله «استيلمان» أن يجريا استنساخًا للأجنة البشرية ، وذلك من خلال نزع نواة الخلية الجنينية فى المراحل الجنينية المبكرة ، ثم زرع هذه النواة فى خلية بويضة ثمّ تفريغها من نواتها ، ثم أعيد زرعها فى الرحم ، حيث نمت نمواً طبيعياً إلى جنين كامل.

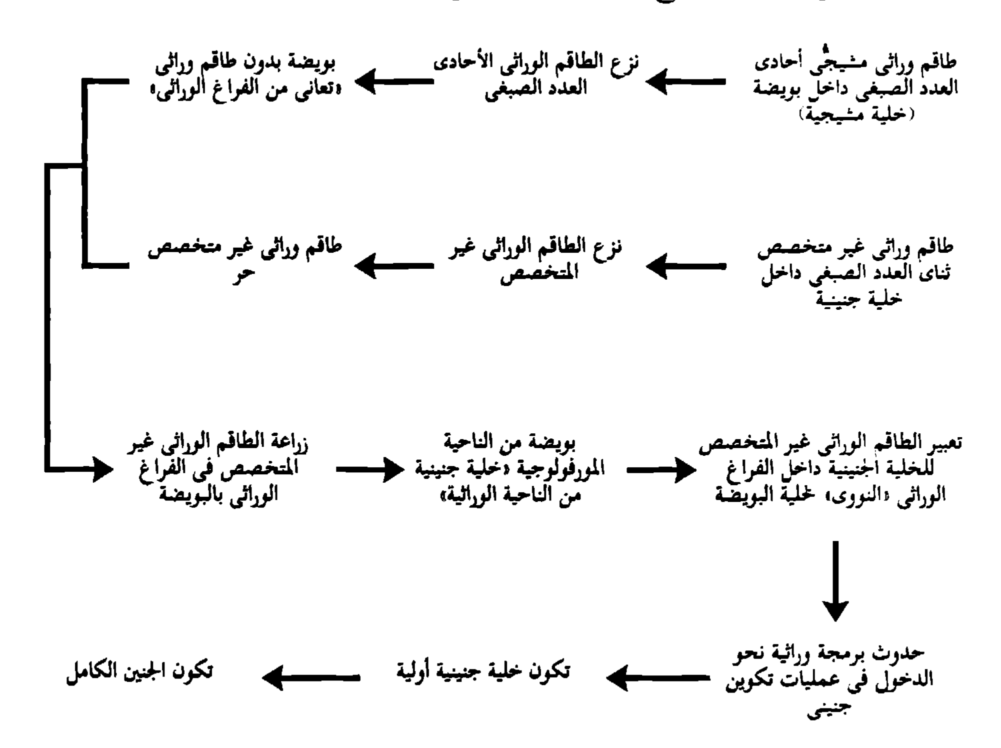
يمكننا تبسيط ما فعله جيرى هول واستيلمان فى الشكل التوضيحى التالى :



(*) ن يمثل العدد الكروموسومى داخل الخلية .

إن ما فعله الباحثان : جيرى هول واستيلمان هو تحميل للأطقم الوراثية الجنينية بدلا من الأطقم الوراثية المشيجية ، وبمعنى آخر ، فإنّ ما فعله جيرى هول واستيلمان هو استبدال الطاقم الوراثى الفردى فى العدد الصبغى بطاقم وراثى ثنائى العدد الصبغى غير متخصص ، وقد أتاح ذلك للطاقم الوراثى غير المتخصص أن يعبر عن نفسه بالتوجيه العام لعمليات النمو والتكوين الجنينى المختلفة ، حيث تتكون الخلية الجنينية الأولية ، والتى تنقسم ، وتنقسم لتعطى فى النهاية الكتلة الجنينية .

إذن يمكننا القول أنّ عملية استنساخ الأجنة البشرية على مستوى المادة الوراثية تعنى التحميل غير المتخصص بأطقم وراثية تتيح برمجة البويضة للدخول فى عمليات تكوين جنينى ، كما يتضح من الشكل التالى :



الفصل الثالث

الطريق إلى دوللى



ويسأل **أحمد** : ثم ماذا يا سيدى ؟

المهندس : وهو يبتسم .. مردداً كلام أحمد ثم ماذا بعد فى رحلة الاستنساخ ؟

شيماء : يبدو أنها رحلة طويلة ، ولكنها شائقة .

المهندس : إنها رحلة الحياة فى أدق تفاصيلها يا شيماء .. صناعة نسخ تحكى ما بداخلها من معلومات وراثية تحمل فى طياتها أسرار هذا الجسم .. تركيبه .. وظائفه .. سلوكه ... إلخ.

أحمد : لنعد إلى سؤالى : ماذا عن الاستنساخ ؟!

المهندس : فى عام ١٩٩٥ نجح الباحث «آيان ويلموت» فى إجراء عملية الاستنساخ الحيوى من أنوية خلايا جنينية فى الماشية ، حيث أنتج من خلال هذه التقنية إحدى الخراف ، وقد قال يومها «آيان ويلمون» : إن ذلك لا يمثل طموحى ، بل إننى أطمح إلى أن أجرى الاستنساخ من خلال خلايا جسمية ناضجة ، وليس من خلايا جنينية .

إن ما فعله آيان ويلموت فى عام ١٩٩٥ عبارة عن نزع نواة خلية جنينية فى بداية التكوين الجنينى لإحدى النعاج ، مع نزع نواة خلية جسمية مأخوذة من أحد الخراف، ثم زرع النواة الجنينية مكان الفراغ النووى للخلية الجسمية ، ومن ثم يمكننا القول بأنَّ لدينا فى هذه الحالة خلية جسمية من الناحية المورفولوجية ، لكنها من الناحية الوراثية عبارة عن خلية جنينية ، حيث إن الهيكل الخارجى البنائى وسائر عضيات السيتوبلازم تتبع الخلية الجسمية ، بينما الطاقم الوراثى النووى فى هذه الحالة يتبع الخلية الجنينية .

وهنا تقاطع شيماء الحديث قائلة : إذن ...

المهندس : وهو يتابع الحديث ناظراً إلى شيماء ، إذن ماذا يا شيماء ؟

شيماء : إذن يمكننا أن نطلق على هذه الخلية ، الخلية المخلطة لأنها خليط بين الخلية الجسمية الناضجة والخلية الجنينية .

أحمد : وهو يردد بصوت هادئ مع فكر عميق : خلية سيتوبلازمها جسمى (أى من خلية جسمية) ، ونواتها جنينية (أى من خلية جنينية) ..جسمية ... جنينية ، ثم

يكمل حديثه قائلا :

ما رأيك يا سيدى إذا أسميناها بالخلية الجَنَمِيَّة ، والتى تتكون من مقطعين :

جن وتعنى جنينى (غير متخصص)

مى وتعنى جسمى (متخصص)

ومن ثم يكون المراد من المقطعين : الخلية الجسمية غير المتخصصة.

المهندس : ما قلته صائب تماماً يا أحمد .

شيماء : لكننى لم أستوعب ما قاله أحمد .... أرجو منك التوضيح .

المهندس : سأوجه لك سؤالا يا شيماء .

شيماء للمهندس : سل يا سيدى كما تشاء .

المهندس : ماذا فعل آيان ويلموت فى تجربته تلك ؟

شيماء : أدخل نواة خلية جنينية مكان نواة خلية جسمية.

المهندس : إذن فالأصل هو الخلية الجسمية ، والمضاف إليها هو الخلية الجنينية ، ومن ثم كان المقطع : **جَنَمِيَّة**

فالأصل هو المقطع الثانى مِيَّة ، والمضاف هو المقطع الأول جن، ومن ثم فالمقطعان يعنيان الخلية الجسمية المستبدلة نوويا بنواة خلية جنينية ، أى تم سحب نواتها ، وإدخال نواة خلية جسمية بدلا منها .

أحمد : لكن ماذا قدَّم ويلموت فى تجربته تلك من جديد عن تجربة الباحث «كارل المنسى» ؟

المهندس : أضاف جديداً بالطبع يا أحمد ، فقد أدخل نواة الخلية الجنينية المنزوعة داخل الفراغ النووى لخلية جسمية ، وليس لخلية بويضة.

شيماء : وما الفرق إذن ؟

المهندس : ما فعله كارل المنسى هو استبدال طاقم وراثى لخلية ثنائية العدد الصبغى زى (٢ن) لكنها غير متخصصة (أى خلية جنينية) بطاقم وراثى لخلية أحادية العدد الصبغى (١ن) أى خلية مشيجية ، بينما عمل ويلموت على أن يستبدل الطاقم

الوراثى للخلية ثنائية العدد الصبغى (٢ن) غير المتخصصة (نواة الخلية الجنينية) بالطاقم الوراثى لخلية ناضجة متخصصة (نواة خلية جسمية . أى أن استبدال كارل كان استبدالا غير متخصص بغير متخصص ، لكن الفرق فى العدد الصبغى لنواة الخلية المستبدلة والمستبدل بها ، فنواة الخلية المستبدلة أحادية العدد الصبغى ، والخلية المستبدل بها ثنائية العدد الصبغى ، أى يمكن التعبير عنها كما يلى :

طاقم وراثى غير متخصص أحادى العدد الصبغى ← **تستبدل بـ** ← **طاقم وراثى غير متخصص ثنائى العدد الصبغى**

أى أنَّ : ١ ن ← **تستبدل بـ** ← ٢ن (غير متخصص)

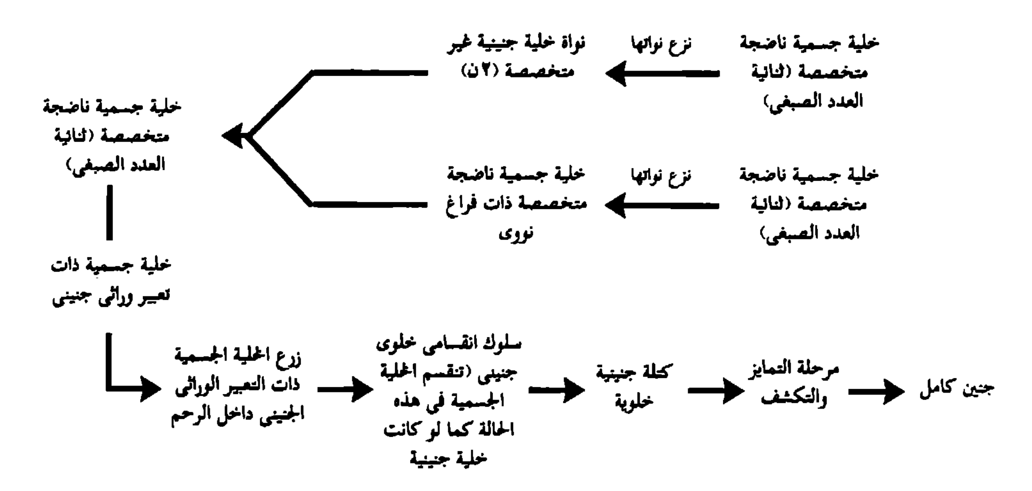
بينما فى تجربة ويلموت تلك ، كان المستبدل طاقم وراثى لنواة خلية متخصصة ثنائية العدد الصبغى ، والمستبدل به طاقم وراثى لنواة خلية غير متخصصة ثنائية العدد الصبغى ، ويمكن التعبير عن ذلك كما يلى :

طاقم وراثى متخصص ثنائى العدد الصبغى ← **تستبدل بـ** ← طاقم وراثى غير متخصص ثنائى العدد الصبغى

أو : ٢ن (متخصص) ← **تستبدل بـ** ← ٢ن (غير متخصص)

شيماء: لكن لو وضعنا ما فعله د: ويلموت فى شكل تخطيطى كيف سيكون يا سيدى؟

المهندس : سيكون كالتالى يا شيماء :



أحمد : وقد بدا عليه التفكير العميق ، لكنّه فجأة يقطع هذا التفكير قائلا :

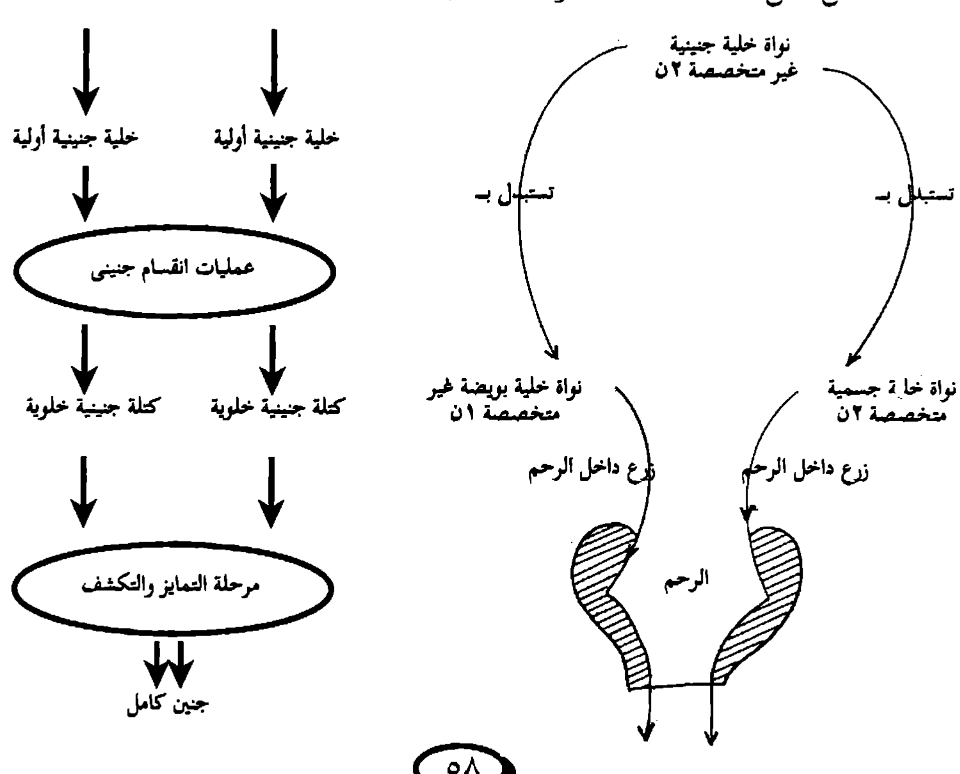
تراودنى يا سيدى فكرة الجمع بين ما فعله كارل المنسى وآيان ويلموت فى شكل بسيط يوضح الفرق بينهما .

وتكمل شيماء الحديث لتقول ، وأنا تراودنى فكرة الجمع بين تجربتى كارل المنسى وآيان ويلموت فى شكل كاريكاتيرى جميل.

المهندس : وقد اتجه إليهما مبتسماً ، وهو يقول : ما أجمل ما قلتماه يا عزيزىّ ، وسوف أجلس أنا على هذا المقعد فى الحديقة ، منتظراً محاولة كل واحد منكما التعبير عن فكرته .

ويخرج كل من أحمد وشيماء كراسة من حقيبة كل واحد منهما ، ثم يذهب كل واحد منهما فى مكان على حدة ليبدأ فى التنفيذ العملى لفكرته ، وبعد وقت ليس بالقصير ، يأتى كل منهما إلى المهندس الذى ينتظرهما على شوق يفوقه شوق النظر فيما فعلاه ، وقد بادرهما السؤال :

ماذا فعل كل منكما يا أحمد وأنت يا شيماء ؟



أحمد : ها هو ما فعلته يا سيدى !

ويعيد المهندس تلك اللوحة التخطيطية التى نفذها أحمد بدقة ، وهو يربت على كتفه ، قائلا له ، مافعلته رائع يا أحمد ، بل أجمل من رائع ، وهو يبرهن على فهمك العميق لما قلته من قبل .

ويلتفت المهندس إلى شيماء ، وهو يراها صامتة مصغية تمامًا لحديث المهندس مع أحمد ، وكأن عقلها الكبير رغم صغر سنها يود أن يقول الكثير والكثير ، فإذا بـ **المهندس** يقطع هذا الفكر العميق لشيماء قائلا لها :

فيم هذا التفكير العميق يا شيماء ؟

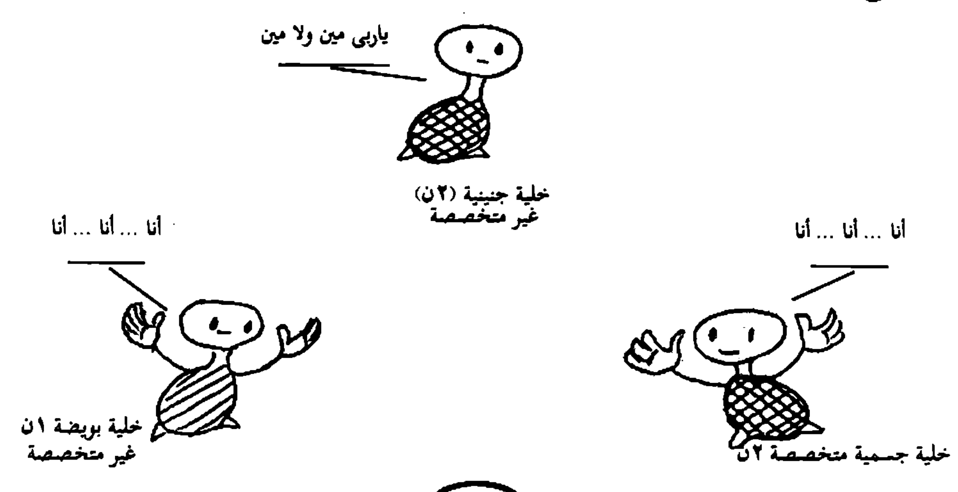
شيماء : فى تلك اللوحة الجميلة التى قدّمها أحمد ، فهى بحق خلاصة فهم لكل ما ذكر عن كارل المنسى وآيان ويلموت فى تجربته عام ١٩٩٥م .

أحمد : شكرًا لك يا شيماء على هذه الكلمات الرقيقة ، لكن أنا موقن بأنَّ ما ستقدمينه سيكون أفضل مما قدمت .

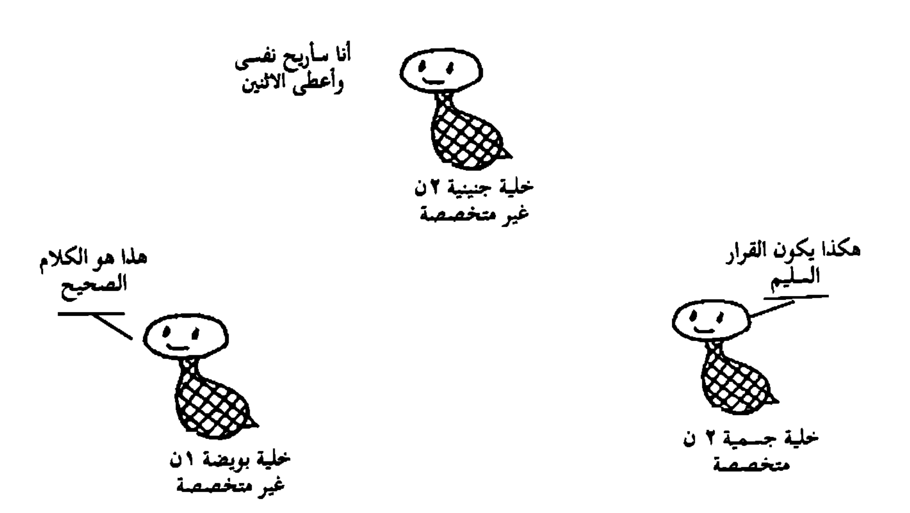
المهندس : الفيصل فى ذلك هو العمل ، فلترينا ياشيماء ذلك الشكل الكاريكاتيرى الذى قمت بتصميمه عن الفارق بين تجربة كارل المنسى وتجربة آيان ويلموت عام ١٩٩٥م.

شيماء : فليكن ذلك يا سيدى ، فتلك هى لوحتى .

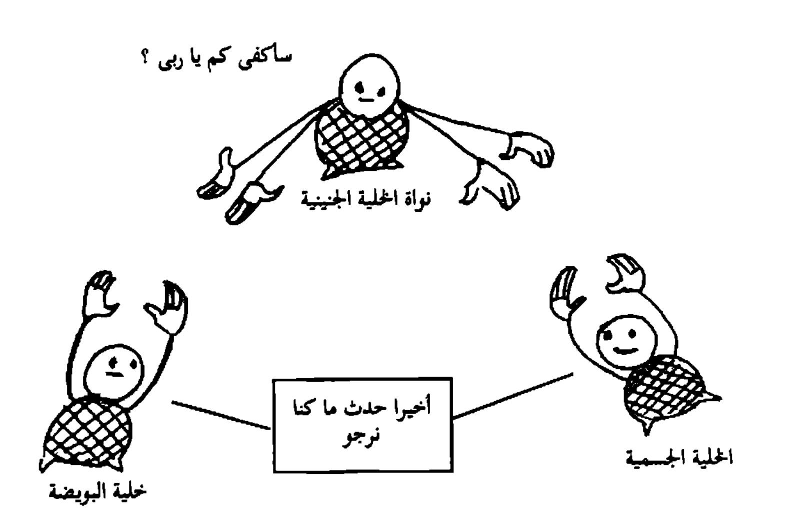
ويطالع أحمد والمهندس لوحة شيماء الكاريكاتيرية وشيماء معهما واقفة :



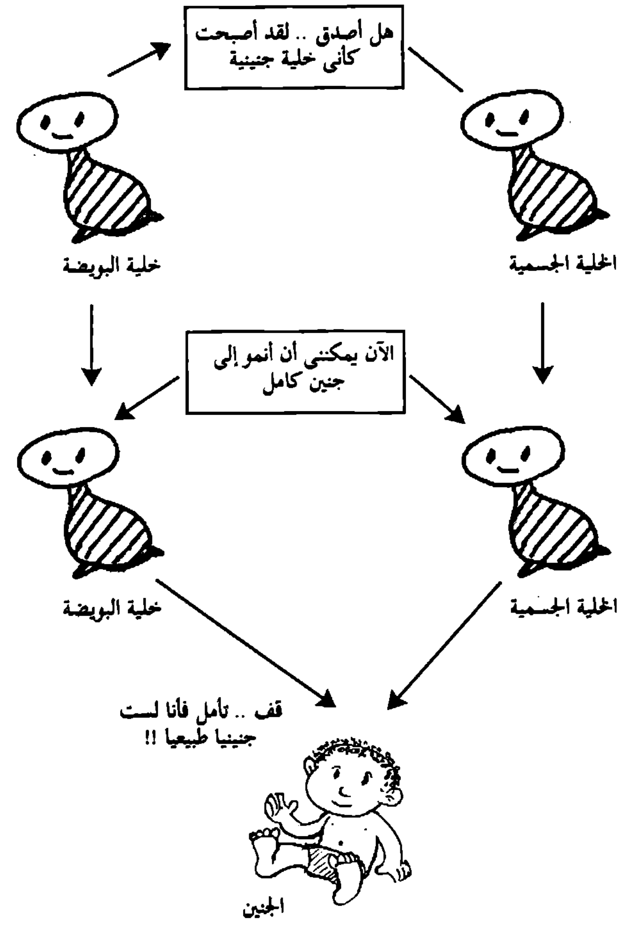
ثم ينتقل الجميع للوحة الثانية ، ليروا ما فيها .



ثم تقلب شيماء اللوحة الثالثة ليراها المهندس وأحمد



ثم ينتقل أحمد والمهندس وشيماء إلى اللوحة الرابعة



وبعد أن انتهت شيماء من عرض لوحاتها الجميلة ، يقول أحمد : رائع يا شيماء ، ويكمل المهندس حديثه فيقول : بل أكثر من رائع يا أحمد .. لكن أحمد يصمت ، ثم يقول : لكن ..... لكن ......

المهندس : لكن ماذا يا أحمد ؟ أأنت معترض على شىء من لوحات شيماء؟

أحمد : لا ، بل هى كما قلت أكثر من رائعة ، ومن ثمَّ فأنا لست معترضاً ، لكنى سأضيف إلى ما قالته شيماء أمرًا مهمًا .

المهندس : وما هو يا أحمد ؟

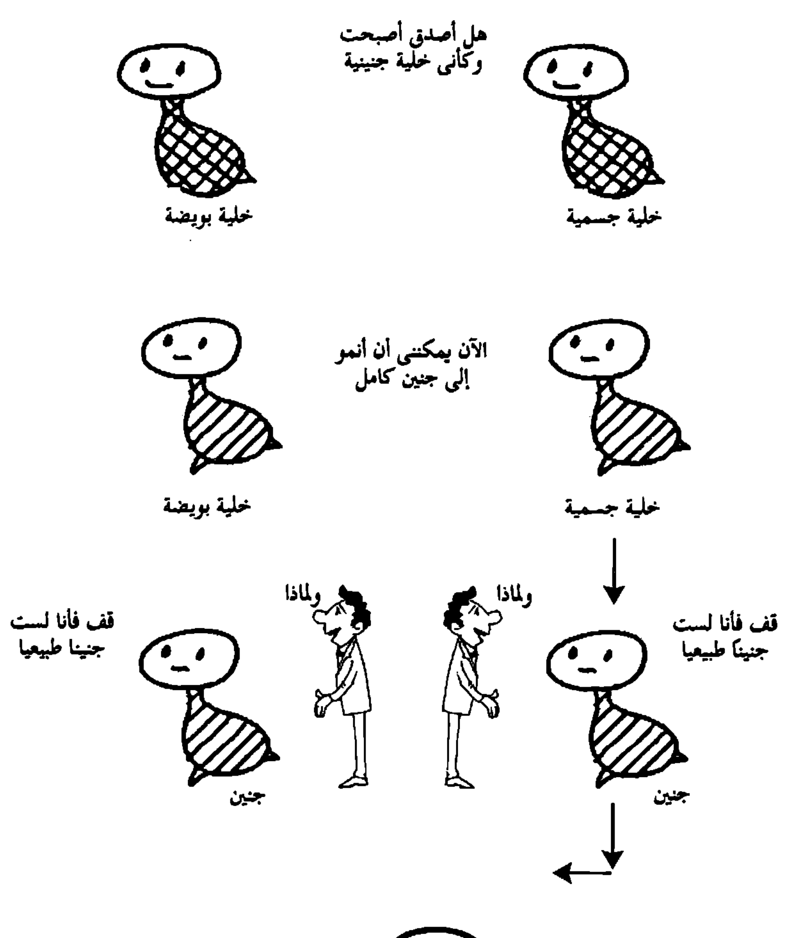
أحمد : أوضحت شيماء فى اللوحة الرابعة أنَّ الجنين الناتج من عملية الاستبدال النووى هو جنين غير طبيعى ، أنا أشكر لها جهدها فى إيضاح ذلك ، لكن وجود

جنين واحد فى النهاية لا يفرق بين ما أردنا التفريق بينهما ، وهى تجربة كارل منسى ، وتجربة آيان ويلموت ١٩٩٥م .

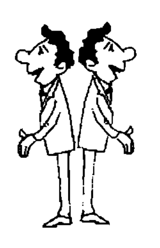
المهندس: وقد أطرق مفكراً فى كلام أحمد وهو يقول :

أصبت يا أحمد ، وأنا أحييك على هذا .... ثم يتابع حديثه قائلاً ، لكن ماذا تقترح لكى نبرز هذا الفرق يا أحمد ؟

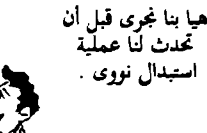
أحمد : أن تعدل اللوحة (٤) ، بما يفيد أن الخلية الجنينية (من الناحية الوراثية) الناتجة من عملية استبدال نووى بين نواة خلية جنينية ونواة بويضة لها مسار مختلف فى نشأتها عن الخلية الجنينية (من الناحية الوراثية) الناتجة من استبدال نووى بين نواة خلية جنينية ونواة خلية جسيمة ناضجة (بالغة) ، ومن ثم تكون اللوحة كما يلى :

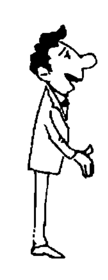












أحمد : لكن هل يوجد فارق من الناحية الوراثية بين الجنين الناتج من الاستبدال النووى لنواة خلية جسمية بنواة خلية جنينية والجنين الناتج من الاستبدال النووى لنواة خلية البويضة بنواة خلية جنينية ؟

المهندس : يعجبنى فيك تفكيرك العميق المرتب يا أحمد .

شيماء : وهى تنظر للمهندس مبتسمة : أحمد فقط ؟!

المهندس : ماذا يا شيماء ... أتغارين من أحمد ؟

شيماء : لا يا سيدى ، بل أعتز بفكره وقدرته الفائقة فى ربط الأشياء بعضها ببعض ، لكن هذا لا يعنى أننا .... ، لاداعى لكى نكمل .

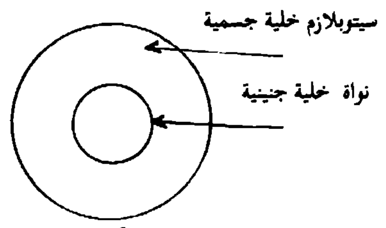
المهندس : بل يعنى ويعنى ياشيماء ، لكنه لا يعنى ما تقصدينه يا شيماء ، بل يعنى تميزكما أنتما دون استثناء ، فأنتما مثال لكل فتىً مصرى وفتاة مصرية تسأل عن الحديث فى العلم ، لكى نواكب العالم فى تقدمه ، ولا نتأخر.

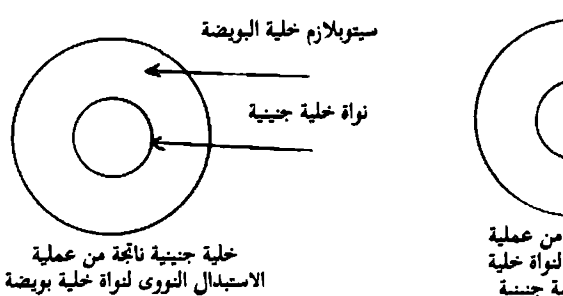
المهندس : وهو يوجه حديثه إلى شيماء : هل تستطيعين الإجابة عن سؤال أحمد يا شيماء ؟

شيماء وكأنها تحدث نفسها فى صمت :

تلك خلية جنينية وتلك خلية جنينية ... إذن ما الفارق ؟

لا.. لابد أن أرسمها على لوحة ، ثم تمسك بإحدى أوراق كراستها ، وتبدأ فى الرسم .





ثم تصمت شيماء ، وتفكر فى اللوحة التى أمامها لتعرف منها الفرق بين الجنينين الناتجين من الاستبدال النووى فى كلتا الحالتين .

المهندس : ماذا لاحظت من تأملك يا شيماء ؟

شيماء وقد اتجهت إلى أحمد تحدثه : أود أن تشاركنى تأملى وتفكيرى فى اللوحة يا أحمد ؟

أحمد وقد صمت مفكراً فى تلك اللوحة التى أمامه ، والتى رسمتها شيماء بيدها قائلا لشيماء :

لابد أن نلاحظ يا شيماء التشابه والاختلاف بين الشكلين .

شيماء : يوجد فى كلا الشكلين نواة خلية جنينية ثنائية العدد الصبغى (٢ن) غير متخصصة ، أى يمكنها أن توجه جميع عمليات النمو والتكوين الجنينى ، وهى السبب فى تحويل الخلية الجسمية أو خلية البويضة إلى خلية جنينية.

أحمد : لكن الشكلين يختلفان فى نوعية السيتوبلازم الموجود فى كل خلية.

المهندس : أصبت يا أحمد ؟

شيماء : كيف يا سيدى ؟

المهندس : لقد أثبتت الدراسات التى أجريت على السيتوبلازم يا شيماء أن السيتوبلازم يحتوى على جزء من المادة الوراثية فيما يمكن أن نسميه بالطاقم الوراثى السيتوبلازمى ، وهى عبارة عن جينات موجودة فى السيتوبلازم لها وظائف محددة فى جينوم الخلية.

أحمد : جينوم الخلية ؟!

المهندس : المقصود بجينوم الخلية يا أحمد محتوى الخلية من الجينات أى ما تحتويه الخلية الحية من جينات تمثل المخزون الوراثى لها.

شيماء : إذن يمكننا القول بأنّ جينوم الخلية يشتمل على الجينات الموجودة فى النواة ، والجينات الموجودة فى السيتوبلازم .

أحمد : لكن هل الجينات الموجودة فى السيتوبلازم منفصلة عن الجينات الموجودة فى النواة ، أم أن بينهما علاقة ما ؟

المهندس : وما رأيكما أنتما ياعزيزىّ ؟

شيماء : لابد من وجود علاقة .

أحمد : وقد اتجه إليها بالحديث ، أية علاقة تقصدين يا شيماء ؟

شيماء وقد اتجهت إلى أحمد قائلة له : لايمكن لمحتوى جينى يمثل مخزوننا من المعلومات الوراثية أن يسلك سلوكا منفصلاً بعضه عن بعض ، وإلا فسوف يؤدى ذلك إلى كارثة لا محالة .

أحمد : تعنين كارثة وراثية يا شيماء .. أليس كذلك ؟

شيماء : نعم يا أحمد ، فعدم وجود علاقة بين جينات السيتوبلازم وجينات النواة يعنى حدوث العديد من التناقضات فى تعبير المعلومات الوراثية المحمولة فى هذه الجنيات .

المهندس : وقد ظهر على وجهه السعادة من كلامهما ، وقد اتجه إليهما قائلا :

كلّ ما قلتماه صائب يا عزيزىّ ، وإننى لفى غاية السعادة من حواركما القصير ذلك .

أحمد : لكن نود مزيداً من المعلومات حول هذه العلاقة !

المهندس : العلاقة الموجودة بين جينات السيتوبلازم وجينات النواة علاقة حتمية لابد منها ، فأحيانا لكى يحدث التعبير الجينى داخل النواة لابد من تشجيع السيتوبلازم لذلك .

شيماء : وقد بدا عليها الاستغراب :

السيتوبلازم يشجع تعبير الجينات داخل النواة !! كيف ذلك ؟!

المهندس : لا تتعجبى يا شيماء ، فأنا أعنى بأن السيتوبلازم يشجع تعبير الجينات داخل النواة أن الجينات الموجودة داخل السيتوبلازم هى المسئولة عن تشجيع تعبير الجينات داخل النواة .

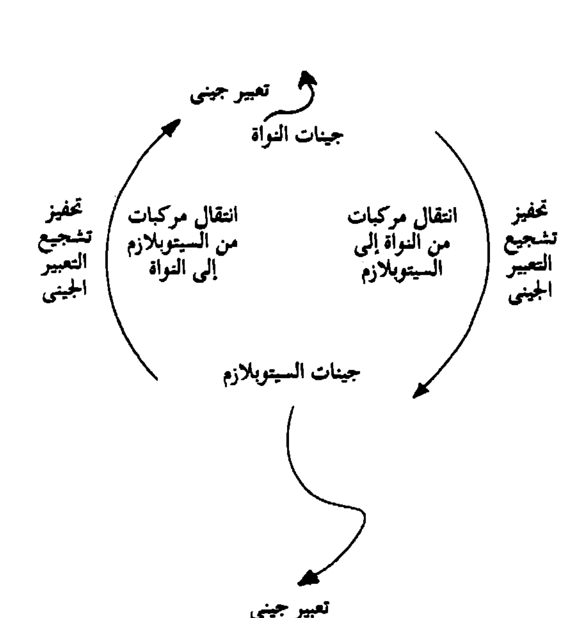
أحمد : لكن أليس من الممكن أن يحدث العكس ؟

شيماء : تعنى يا أحمد أن تشجع الجينات الموجودة داخل النواة تعبير الجنيات الموجودة داخل السيتوبلازم ؟

أحمد : نعم يا شيماء ، فمن المنطقى كما تشجع جينات السيتوبلازم تعبير جينات النواة، أن تشجع جينات النواة تعبير جينات السيتوبلازم.

شيماء : وقد اتجهت إلى المهندس تسأله .. ما رأيك فى هذا يا سيدى ؟

المهندس : تماما كما فكرتما وقلتما يا شيماء أنت وأحمد ، فالعلاقة ذات طرفين أحدهما جينات النواة، والطرف الآخر جينات السيتوبلازم، والعلاقة بينهما فى هذه الحالة علاقة تبادلية ، ويمكننا توضيح ذلك كما يلى :



لو تأملنا هذا الشكل التوضيحى للعلاقة بين جينات كلٍّ من السيتوبلازم وجينات النواة ، سيتضح لنا ما يلى :

تعمل الجينات المنتقلة جينوم السيتوبلازم إلى جينوم النواة على تحفيز تعبير جينات معينة داخل النواة ، مما يؤدى إلى إظهار هذه الجينات للخواص البيولوجية التى تحمل معلوماتها الوراثية .

قد لاتنتقل الجينات ذاتها من السيتوبلازم إلى النواة ، لكن تنتقل المركبات التى تكونت تحت تشفير الجينات ، حيث تخترق هذه المركبات الكيميائية المتكونة السيتوبلازم ثم جدار النواة لكى تصل إلى المحتوى الجينى داخل النواة محفزة للجينات الموجودة داخل النواة لكى تعبر عن نفسها .

قد تنتقل الجينات المحفزة ـ أو ما يمكن أن نسميه بالمحفزات الجينية ، أى الجينات التى تعمل على تحفيز جينات أخرى لكى تعبر عن نفسها ـ من النواة إلى السيتوبلازم كى تعمل على تنشيط تعبير جينات محددة فى السيتوبلازم عن نفسها .

لا تقتصر عملية انتقال المحفزات الجينية من النواة إلى السيتوبلازم على انتقال الجينات فقط ، فقد تنتقل مركبات كيميائية متكونة نتيجة لتعبير الجينات المحفزة من النواة إلى السيتوبلازم مسببة تنشيط جينات معينة فى السيتوبلازم.

شيماء : وقد أطرقت مفكرة ، وإذا بالمهندس يسألها عن سبب تفكيرها فتقول أفكر فى .... فى .... فى.

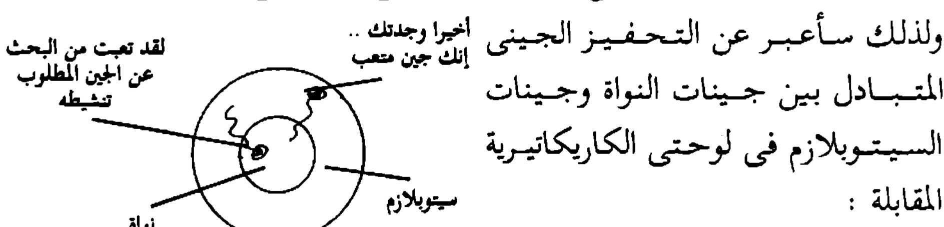
أحمد : " فى ماذا يا شيماء ؟

المهندس : يبدو أنه شىء مهم يا أحمد.

أحمد : وهو يضحك : شىء مهم من الأشكال الكاريكاتيرية !

المهندس : وهو مبتسم : يبدو يا أحمد أنّ جينات شيماء تحب الكاريكاتير.

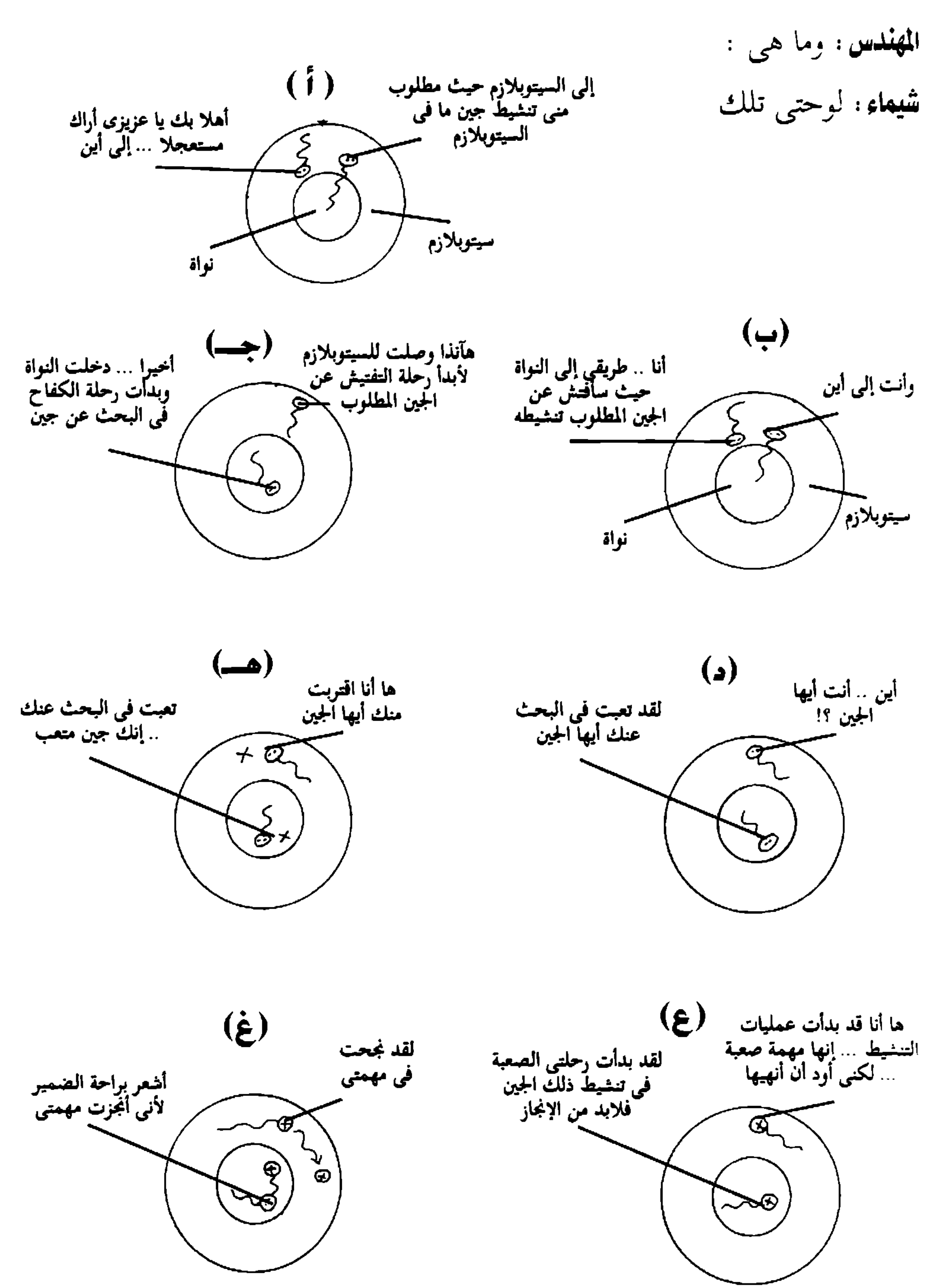
شيماء : أنا أوقن بذلك ، فجيناتى كاريكاتيرية أعنى مرحة فى تعبيرها عن نفسها ، ولذلك سأعبر عن التحفيز الجينى المتبادل بين جينات النواة وجينات السيتوبلازم فى لوحتى الكاريكاتيرية المقابلة :

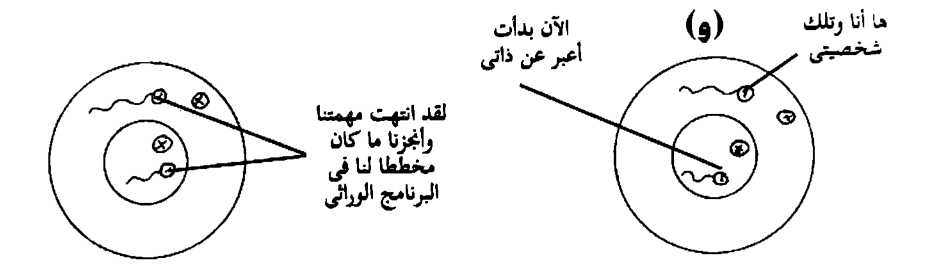


ويمكنني التعبير عن علاقة التبادل التنشيطى بين جينات السيتوبلازم وجينات النواة.

المهندس: وما هى :

شيماء: لوحتى تلك





المهندس : إنها لوحات جميلة يا شيماء ، وقد لخصت كل ما قلناه عن العلاقة التبادلية التنشيطية بين جينوم السيتوبلازم وجينوم النواة .

أحمد : لكن أليس من الممكن أن تكون العلاقة عكسية أو تثبيطية ؟

المهندس : نعم فذلك من الممكن يا أحمد ، فكما يمكن لجين داخل السيتوبلازم أن ينشط جينا في النواة حتى يستطيع أن يعبر عن نفسه ، يمكن لجين في السيتوبلازم أن يثبط جينا في النواة أي يجعله لا يستطيع أن يعبر عن نفسه .

كما يمكن بنفس الطريقة أن يعمل جين داخل النواة على تثبيط جين داخل السيتوبلازم .

أحمد : إذن فالعلاقات متناقضة ، فبعضها علاقات منشطة ، وبعضها علاقات مثبطة ..

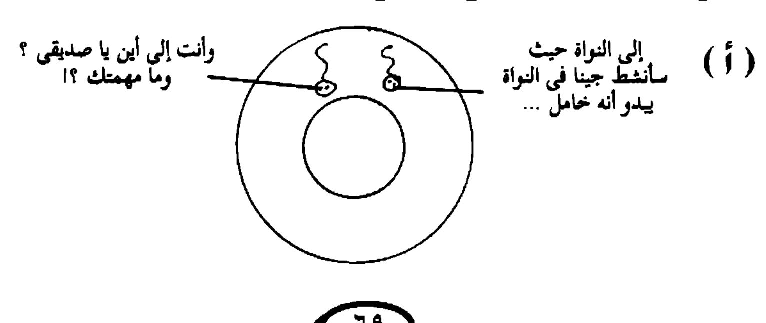
شيماء : تناقض غريب ، لكنه هادف .

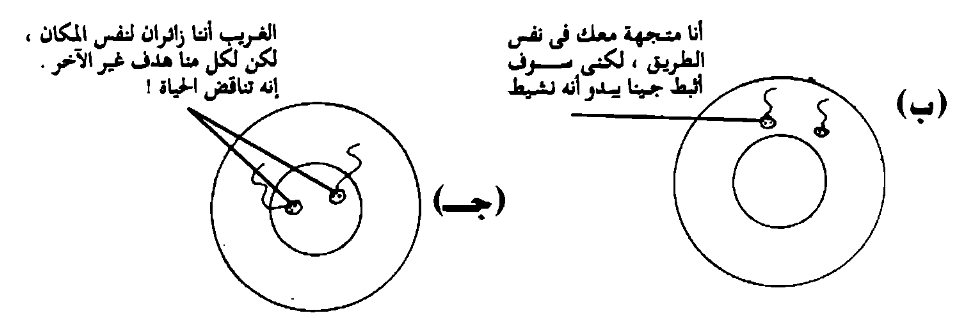
المهندس : نعم يا شيماء ، فالتناقض في العلاقات هنا له أسسه وله أهدافه ، فهو ليس عشوائيا .

أحمد : وهو يوجه حديثه إلى شيماء قائلا :

أتقدرين على التعبير عن ذلك في لوحة كاريكاترية يا شيماء ؟

شيماء : يمكنني التعبير عن ذلك في لوحاتي تلك :





فى عام ١٩٩٧ ، وبالتحديد استطاع الدكتور آيان ويلموت أن يحقق إنجازا عظيماً له قدرة فى تاريخ العلم ، حيث أحدث ثورة كبيرة فى علم التكاثر والهندسة الإنجابية .

شيماء : مؤكد أنَّه جديداً هذه المرة .

المهندس : هذا مؤكد يا شيماء ، وإلاَّ فلماذا كان عمله ذلك يمثل إضافة جديدة إلى تاريخ العلم .

أحمد : وماذا كان إعلان د. ويلموت هذه المرة يا سيدى ؟

المهندس : لقد أعلن الدكتور ويلموت وزميله كيث كامبل ومعهما الفريق البحثى عن إنتاج نوع من الخراف أسمياه بدوللى ، لكن هذه المرة تمت عملية الإنتاج من خلال خلية جسمية وليس من خلال خلية جنينية ، وأعتقد أنكما من خلال ما سبق تستطيعان أن تفرقا بين الخلية الجسمية والخلية الجنينية من الناحية الوراثية .. أليس كذلك يا شيماء ؟!

شيماء : بالطبع ؛ فالخلية الجسمية متخصصة من الناحية الوراثية ، بمعنى أن الجينات الخاصة بالمحتوى الجينى لها «جينوم هذه الخلايا» يمكنها توجيه وظائف بعينها ، لكنها لا تستطيع توجيه جميع الوظائف ، وذلك لكمون بعض الجينات فى هذا الجينوم ، بينما فى الخلية الجينينة مازالت بها جميع الجينات نشيطة ، ويمكنها توجيه جميع الوظائف الخاصة بعمليات التكوين الجنينى والنمو.

أحمد : وقد ابتسم ابتسامة خفيفة قائلا لشيماء . وأين لوحاتك الكاريكاتيرية لتعبر عن ذلك يا شيماء ؟

شيماء : وقد بدا عليها أن الأمر تحدٍّ بالنسبة لها .

سأفعل ذلك يا أحمد ، وسترى كيف أُعبِّر عن ذلك فى لوحاتى التالية :

أترى ... ما أراه ؟!

خلية خصوصى

خلية عمومى

خلية جنينية

خلية جسمية

أحمد : واللوحة التالية بعد ذلك :

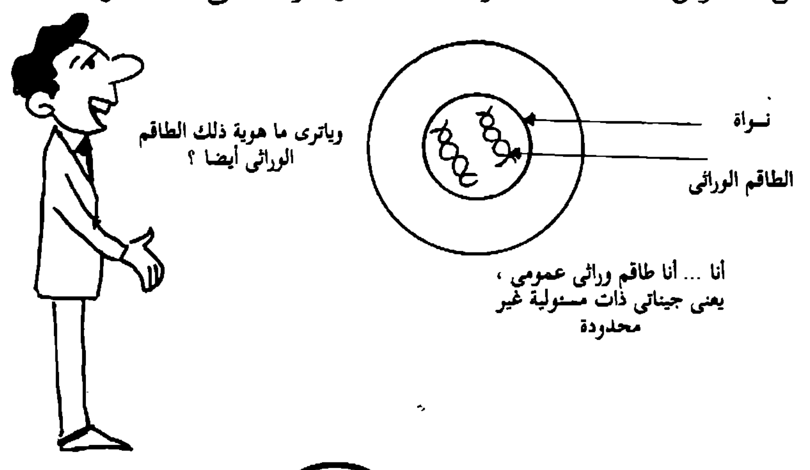
هذا طاقم وراثى ، لابد أن أسأله عن هويته .

نـواة

الطاقم الوراثى

أنا ...... أنا طاقم وراثى خصوصى ، يعنى جيناتي ذات مسئولية محددة ، وطريقى معروف

أحمد : وقد وقف وإذا بشيماء تقول له : إلى أين يا أحمد ؟ ويرد أحمد : لقد تعبت من الجلوس يا شيماء ، فتقول شيماء : وما رأيك فى هذه اللوحة يا أحمد ؟



شيماء: ما رأيك يا أحمد ؟

أحمد: أنت دومًا تجعلين لوحاتك الكاريكاتيرية تتحدث كثيراً وتوضح كثيراً من المعلومات العلمية .

المهندس: رغم أنّي شرحت من قبل تجربة ويلموت عام ١٩٩٥م ، وتجربته عام ١٩٩٦م، وتجربته عام ١٩٩٧م ... لكن ..... ويقاطعه **أحمد** قائلا :

لكن أحداً منّا لم يسأل عن ويلموت ، شخصيته ، وما هى مؤهلاته وصفاته الشخصية التى أهّلته لكى يحقق هذا الإنجاز ؟

المهندس: نعم يا أحمد ، فويلموت لم يكن شخصية عادية لا فى طفولته ، ولا فى شبابه، ولا فى مرحلة ما بعد الشباب ، عشق البحث العلمى ، ألف المعمل ، أحب الدنا الوراثى «D. N . A» ، بل كانت كل نيوتيدة فيه تمثل جزءا من كيانه ، وتكوينه، كل ذلك كان ينبئ عن ثورة كبيرة يمكن أن يحققها هذا الباحث .

وقد تحقق ذلك ، ومازال أمامه الكثير ليضيفه إلى تاريخه العلمى.

ولد آيان ويلموت فى هامتون لوسى ـ واريكشاير ، التحق بجامعة نوتنجهام ، حيث عشق علم الأجنة ، وأصبح يمثل هذا العلم بالنسبة لويلموت ـ عالمه كله، ملك عليه لبه .. كانت الخلايا الجنينية تمثل جزءا من كيان الدكتور ويلموت فى يقظته ، فى نومه ، فى جميع أحواله ، لذلك كانت هى عالمه .

التحق ويلموت بعد ذلك بكلية داروين فى كمبريدج عام ١٩٧١ ، وقد حقق فيها إنجازاً أكاديمياً له قدره ، حيث استطاع أن يحصل على درجة الدكتوراة بعد سنتين ، وهو زمن وجيز إذا قورن بمن سبقوه أكاديمياً فى تلك الكلية.

لقد ارتبط اسم داروين بما أعلنه عام ١٨٦٠م من أن لغز الوراثة لا يزال لغزاً يصعب حله ، وكان ذلك رداً على ما قدّمه مندل من خلاصات أبحاثه حول توارث الصفات ، والعامل المسئول عن حمل هذه الصفات ، كما عبر مندل عن ذلك .

كان رد داروين على ما نشره مندل يمثل رداً متوقعاً ومنطقياً ، فمندل لم يكن من علماء الحياة ، ومن ثمّ فعدم تخصصه أوجد نقطة ضعف كبيرة فى الاقتناع بما توصل إليه ، وقد أدى ذلك إلى إهمال أبحاثه ، وأصبحت فى طى النسيان منذ نشرها

عام ١٨٦٦م ، وحتى عام ١٩٠٠م حيث اكتشف ثلاثة من العلماء كلٌ على حدة خلاصة ماتوصل إليه مندل ، وهم :

كورنيز (ألمانى) ، تون تشير ماك (النمسا) دى فريز (هولندا)

أحمد : أراك تود الربط يا سيدى بين تفوق ويلموت فى كلية داروين ، وما قاله داروين.

المهندس : نعم يا أحمد ، فالربط هنا ربط «نفسى» ، فكل من يدرس البيولوجى لابد أن يدرس الخلية ، ودراسته للخلية تستتبع دراسة النواة وما بها من أطقم وراثية ، ومن ثَم التعرف على علم الوراثة ، والذى يبدأ بمعرفة قوانين مندل وتجاربه .. حياته العلمية، ولاسيما إذا كان الدارس عاشقا للوراثة أو متخصصا فيها أو فى أحد تطبيقاتها ، فيدرك القيمة العلمية التى أضافها مندل للبشرية، رغم فقره ومكابدته إلى أن توفى .

لذا كان التحاق ويلموت بكلية داروين ليحصل منها على درجة الدكتوراه يمثل تحديًا يحتوى فى داخله على معاناة مندل وأسفه الشديد من تصريحات داروين ، والتى ساهمت بقدر ما فى وضع أبحاث مندل فى طى النسيان قرابة أربعة وثلاثين عاما ، ولولا جهود كورنيز وتشيرماك ودى فريز ، لاندثرت هذه الأبحاث، ولم يسمع بها أحد.

شيماء : وقد وقفت ، بدا عليها الانزعاج وهى تقول : وعلم الوراثة ؟!

المهندس : لا نستطيع أن نحدد يا شيماء فيما إذا كان علم الوراثة سيندثر مع اندثار أبحاث مندل ، أم أنه كان سيولد مرة أخرى بعد حين ، حيثما سيقدر الله ذلك .

أحمد : لنعد إلى رحلة ويلموت بعد حصوله على الدكتوراه ، التحق ويلموت بعد ذلك بمعهد روذلين فى أدنبرة باسكتلندا ، أقام ويلموت فى بلدة صغيرة تقع جنوب أدنبرة، حيث توجد كنيسة روزلين ، التى قلَّ أن يزورها أحد ، حيث كانت معه زوجته والتى تميل للتدين ، فقد كانت زوجته «فيفيان» راهبة بكنسية روزلين ، وقد عاشا حياة سعيدة أساسها التفاهم واحترام حقوق وطموحات الآخرين .. كان ويلموت يحترم فى زوجته تدينها وبعدها عن الحياة التقليدية للسيدات ، من حبها للتنزه والاستئثار بأكبر وقت ممكن من وقت الزوج .. فقد رضيت فيفيان من ويلموت بما يشاء هو أن يمنحها من وقته ، كما احترمت فيه طموحه الشديد

وأمله فى أن يحقق للبشرية شيئا ، كانت تحب هدوءه ، تفكيره العميق ، جملته التى كان يرددها دومًا .

«أحب أن أفكر مائة مرة وأتكلم مرة واحدة»

لذا عاشا سعيدين ، ورزقهما الله بأبنائهما الثلاث ، أولئك الذين أحبوا أسرتهم العلمية المتدينة أو فلنقل المتدينة العلمية ، أسرة ترى ملامحها فى عابدة كنيسة روزلين وعاشق الأجنة فى معهد روزلين، لذا كان هذا المزاج المخلط فى شخصية الأبناء .

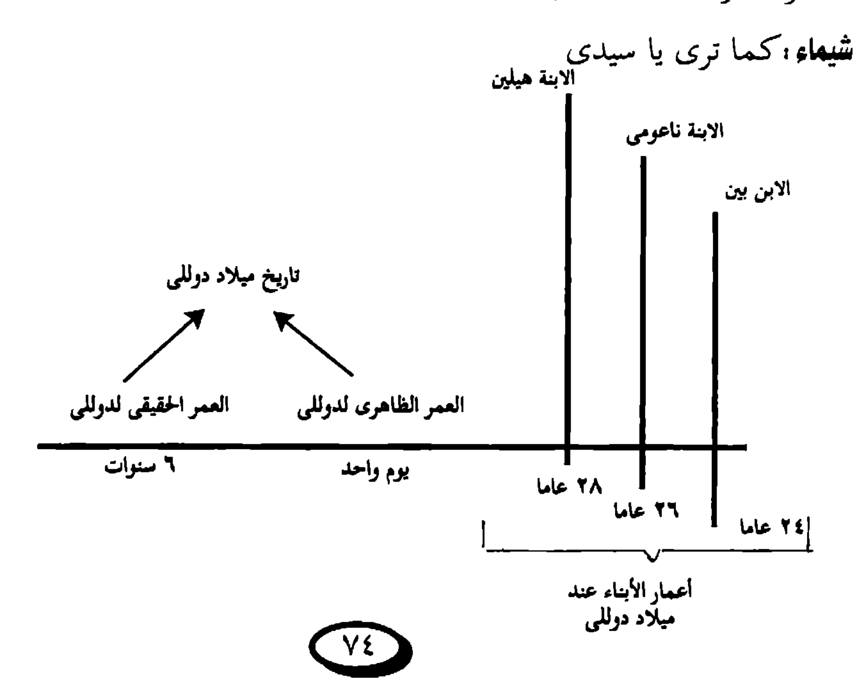
شيماء : وما ترتيب الأبناء فى العمر ؟

المهندس : أكبرهم هى «هيلين» ولدت عام ١٩٦٩ ، ثم «ناعومى» ، والتى ولدت عام ١٩٧١ ، ثم الابن «بين» الذى ولد فى عام ١٩٧٣م.

أحمد : لقد كانوا ناضجين إذن عندما وُلدت دوللى .

المهندس : نعم يا أحمد فكلهم كانوا فوق العشرين من عمرهم حينما ولدت دوللى ، وتستطيع شيماء أن تقوم بحساب أعمارهم ، ومقارنة ذلك بعمر دوللى ، والذى كان عمر ظهورها للدنيا يوم واحد ، لكن عمرها الحقيقى هو عمر الكائن الحى الذى أخذت منه الخلية أى ست سنوات... فهل يمكنك التعبير عن ذلك فى لوحة كاريكاتيرية جميلة يا شيماء .

شيماء : كما ترى يا سيدى



ثم تصمت شيماء ، وكأنها تفكر فى لوحة كاريكاتيرية أخرى، وإذا بالمهندس يسألها فيم التفكير يا شيماء ؟

شيماء : فى صياغة لوحتى الكاريكاتيرية التالية .

أحمد : أى لوحة .؟

شيماء : لوحة تعبر بظرف عن نعجة عمرها الظاهرى يوم ، وعمرها الحقيقى ٦ سنوات .

المهندس : جميل هذا التفكير يا شيماء ، فلتنفذى لنا لوحتك تلك إذن.

شيماء : وقد بدأت تنفذ لوحتها المعبرة عن ذلك ، وهى تقول بعد أن أنهتها ها هى .

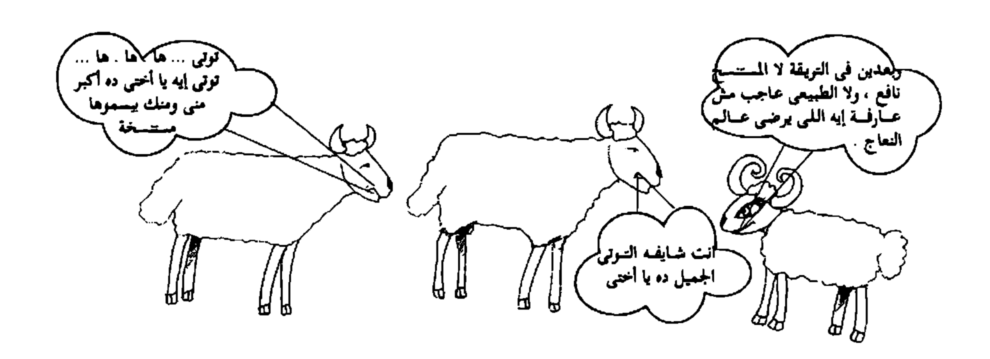
المهندس : أرنيها يا شيماء : ويشاهد الجميع اللوحة .



أحمد : وقد بدا عليه أنَّه سينافس شيماء فى لوحاته الكاريكاتيرية ، وهو يقول لشيماء ؛ لوحتك رائعة يا شيماء ، لكننى سأريك ما هو أروع منها !

المهندس : أظهر مواهبك المدفونة يا أحمد !

ويشاهد الجميع اللوحة التى قام برسمها أحمد :



شيماء : وقد اشتعلت بينهما المنافسة ، وهى تقول لأحمد : وأنا سأريك لوحة أجمل من لوحتك تلك ، وتبدأ فى تنفيذ لوحتها ، ثم تحضرها ، وهى تقول : انظرا .. ما رأيكما ؟

ويشاهد الجميع لوحة شيماء :



الفصل الرابع

ويلموت

صاحب ثورة الاستن

المهندس : بعد أن استعرضنا لوحاتكما الكاريكاتيرية ، فلنعد إلى ويلموت وحياته .

أحمد : فلنعد يا سيدى .

المهندس : لابد أن كلا منكما يسأل عن الصفات النفسية التى أهلّت ويلموت لتحقيق ذلك .

شيماء : نعم يا سيدى ، فشخص حقق ما حققه ويلموت من إنجاز مؤكد أنّه إنسان غير عادى .

المهندس : تماما كما قلت ياشيماء ، وسوف يتضح لنا ذلك من خلال استعراضنا لهذه الصفات.

أولا : امتلك ملكة القدرة على الربط بين أشياء عديدة . كان ويلموت يمتلك منذ صغره قدرة فائقة على أن يربط بين العديد من الأشياء ، لكى يصل فى النهاية إلى تصور ذاتى ، يمكنه من تكوين نتيجة كلية ، فقد استطاع أن يربط بين علم الأجنة وتقنيات الهندسة الوراثية ، أن يربط بين الخلية الجسمية والخلية الجنينية ، أن يربط بين البروتينات الحاجبة فى كل من الخلية الجنينية والخلية الجسمية .

أحمد : البروتينات الحاجبة ؟

المهندس : البروتيات الحاجبة يا أحمد هى نوع من البروتينات تعمل على إجبار ٩٠٪ من جينات الخلية المتخصصة على الكمون لعدم الحاجة إليها ، فالجينات العاملة فقط ، فى هذه الحالة هى الجينات المسئولة عن أداء العمليات الحيوية الخاصة بالخلايا المتخصصة .

شيماء : أيعنى ذلك يا سيدى أنّ البروتينات الحاجبة لا توجد فى الخلايا الجنينية ؟

المهندس : لا يا شيماء ، بل توجد بروتينات حاجبة فى الخلايا الجنينية ، لكن وظيفة البروتينات فى هذه الحالة ليس حجب معظم الجينات عن العمل ، بل تعمل كدعامة تقوى شريط الدنا الوراثى وتدعمه.

أحمد : عالم غريب .. عالم الجينات ذلك .

شيماء : لكن ما الأساس العلمى الذى بنى عليه ويلموت تجاربه ؟

المهندس : لقد كانت المشكلة التى تواجه أى باحث فى إجراء الاستنساخ من خلية جسمية هو تخصص الطاقم الوراثى لتلك الخلية ، ومن ثمّ فقده القدرة على توجيه عمليات النمو والتكوين الجنينى ، وهنا ما لم يواجهه العلماء فى التعامل مع الخلايا الجنينية ، حيث إن الطاقم الوراثى غير متخصص ، ومن ثم يمكنه توجيه جميع عمليات النمو والتكوين الجنينى.

لذل اتجه فكر ويلموت إلى كسر حالة التخصص الجينى للطاقم الوراثى الخاص بالخلية الجسمية ، ومن ثمّ كان السؤال الذى فرض نفسه على ويلموت فى هذه الفترة :

كيف يمكن كسر حاجز التخصص الجينى لهذا النوع من الخلايا ؟

أحمد : كسر حاجز التخصص ! كيف يتم ذلك؟

المهندس : لأوضح لك ذلك يا أحمد ، سأضرب لك مثالا بالجسم البشرى.

نحن فى الحالة الطبيعية نتغذى على العديد من الأغذية ، والتى يتم هضمها بتحويلها من مركبات معقدة إلى مركبات بسيطة يسهل هضمها ، ومن أمثلة ذلك :

تحول الدهون إلى أحماض دهنية .

تحول الكربوهيدرات إلى سكريات أحادية.

تحول البروتينات إلى أحماض أمينية .

ثم تحدث عملية امتصاص لهذه المركبات حتى تحدث عملية التمثيل الغذائى ، مما يؤدى لانطلاق طاقة تسفيد منها الخلية ، مما يؤدى إلى استمرار العمليات الحيوية لهذه الخلية ، لاتحدث عملية التمثيل لجميع المواد الغذائية ، بل يخزن منها للاستفادة بها وقت الحاجة ، فعند نقص الدهون فإن الجسم يحول ما خزنه من دهون إلى أحماض دهنية كى يتم حرقه ، وتنطلق طاقة يمكن أن يستفيد منها الجسم ، وعند نقص السكريات فإن الجسم يحول المخزون من الجليكوجين إلى سكر ، أما البروتينات فهى غير قابلة للتخزين.

إذن فعملية التجويع تؤدى إلى البحث عن المخزون الكامن من المواد الغذائية ، لكى تستخدمه فى الحصول على الطاقة اللازمة لحياتها .

شيماء : وما وجه العلاقة بين ذلك وبين كسر حاجز التخصص الچينى للخلية الجسمية ؟

المهندس : لقد استفاد ويلموت من ذلك يا شيماء ، حيث عمل على سحب المواد الغذائية من سيتوبلازم الخلية ، مما يؤدى إلى مرور الخلية بعملية تجويع ، مما يؤدى ذلك إلى حدوث ثورة داخل الخلية ، لأنها تعرضت لأزمة خطيرة تهدد حياتها ، ويؤدى ذلك إلى اللجوء لحالة التأهب القصوى داخل الخلية لكى تصل الخلية إلى المستوى المطلوب لمواجهة الأزمة التى تواجهها ، لابد أن يوجه ذلك برنامج وراثى متكامل ، مما يجبر الچينات الكامنة ، التى تعرضت لحالة كمون لعدم عملها ، مما يوجد حالة من الصحوة الچينية المتمثلة فى تمام النشاط الچينى لجميع الچينات الممثلة لجينوم الخلية .

أحمد : لكن كيف يتم حدوث ذلك ؟

المهندس : تتم عمليات السحب من خلال أجهزة ووسائل تقنية «تكنولوجية» خاصة ودقيقة جدا ... لكن ..

أحمد : لكن ماذا يا سيدى ؟

المهندس : لكن لابد من احتفاظ الچينات المنشطة ، والتى خرجت من عملية الكمون بحيويتها ، إذ أنّ فقدها لحيويتها ، يعنى عدم قدرتها على توجيه العمليات الحيوية المختلفة ، مما يؤدى فى هذه الحالة إلى فشل عملية الاستنساخ بالكامل .

شيماء : إذن فالهدف النهائى من هذه العملية (عملية التجويع) الخلوى الحصول على طاقم وراثى غير متخصص ، أى يمكنه توجيه جميع عمليات التوجيه والتكوين الجنينى .

أحمد : ماذا بقى إذن ؟

المهندس : بقى أن نحصل على هذا الطاقم الوراثى غير المتخصص ، ويتضح ذلك

فى الشكل التخطيطى التالى :

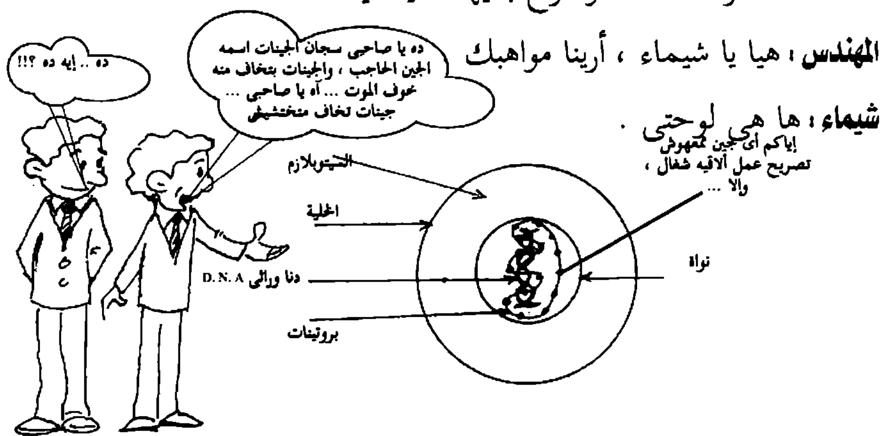
طاقم وراثى متخصص (خاص بالخلية الجسمية) ← ارتداد لحالة التعبير الجينى الجنينى ← طاقم وراثى غير متخصص (خاص بالخلية الجسمية) ← زرع الطاقم الوراثى غير المتخصص داخل الفراغ النووى للبويضة ← طاقم وراثى غير متخصص (خاص بالبويضة) ← زرع البويضة داخل الرحم ← خلية جنينية يتتابع نموها وتمايزها لتعطى جنينا كاملا

ثم يتجه إلى شيماء ، ليقول لها ، لكن شيماء تقاطعه قائلة له: تريد أن تعبر لوحاتى الكاريكاتيرية عن البروتينات الحاجبة ودورها فى عملية الحجب .

أحمد : ما أكثر ذكاءك ، وأسرع بديهتك يا شيماء !

المهندس : هيا يا شيماء ، أرينا مواهبك

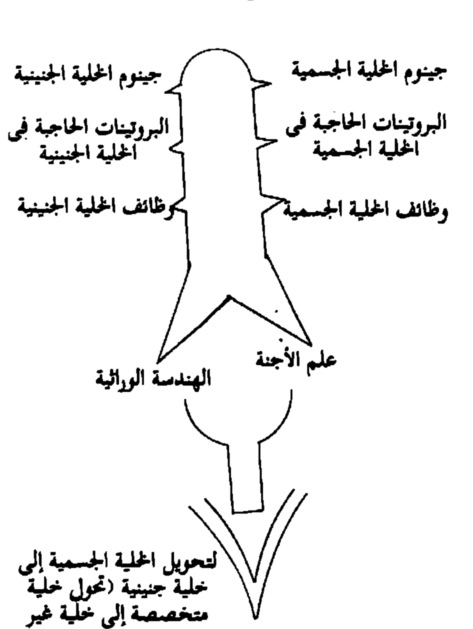
شيماء : ها هى لوحتى .



المهندس : وقد فرغ من التأمل فى لوحة شيماء الجميلة المعبرة ، قائلا : فلنعد إذن إلى ويلموت وقدرته على الربط بين الأشياء .

لقد استفاد ويلموت من هذه الملكة ، حيث استطاع أن يصل من خلال ربطه للحقائق التى أصبحت تمثل مكونات دالة صعبة للغاية لم يستطع أن يفك لغزها إلا ويلموت .

ويمكننى إيضاح مدى قدرة ويلموت على الربط بين المتغيرات العديدة فى الشكل المقابل :

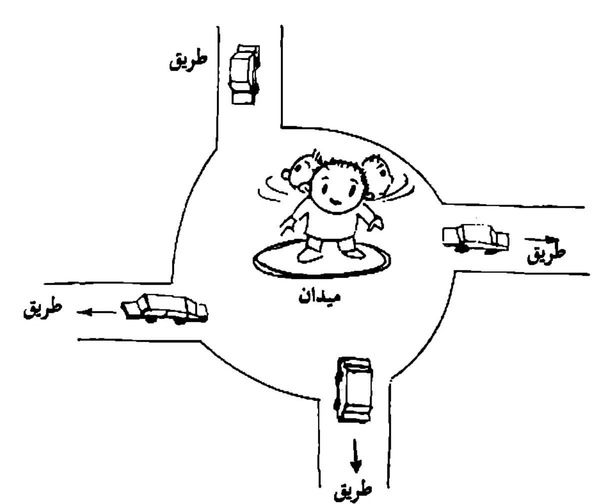


أحمد : نود أن توضح لنا هذا الشكل.

المهندس : توضح الأسهم المتقابلة مقارنة شيئين متقابلين فى الخلية الجسمية والخلية الجنينية ، ثم يوضح الشكل الربط بين علم الأجنة والهندسة الوراثية ، لتستفيد من كل ذلك فى تحويل الخلية الجسمية إلى خلية جنينية.

شيماء : ألهذا الحد تبلغ أهمية القدرة على الربط بين الأشياء .

المهندس : نعم يا شيماء ويمكنك أن تتأكدى من ذلك إذا ما شاهدت رجلا يعبر تقاطعاً يتصل به أربعة مسارات مختلفة الاتجاه كما يلى:



إذا لم يستطع هذا الشخص العابر أن يربط بين ما أمامه من متغيرات ، فلابد أنه سيتعرض إلى الاصطدام بإحدى المركبات (السيارات) ، أما إذا استطاع أن يربط بين المتغيرات العديدة المتمثلة فى السيارات المتجهة إلى مختلف الاتجاهات، فلابد أن فى ذلك تفادياً لاحتمالية اصطدامه بإحدى السيارات ، وتحقيقاً للأمان بالنسبة له.

وبما أن ويلموت قد استطاع أن يربط بين العديد من المتغيرات للوصول إلى النتيجة المنطقية ، فقد حقق ما هدف إليه.

أحمد : والصفة الثانية من جوانب النبوغ فى شخصية ويلموت .

المهندس : ملكة القدرة على استنساخ الأشياء .

أحمد : إن هذا شيء منطقى يا سيدى ، وإلا فإن ذلك سيعرضه إلى عدم الاستفادة من ملكة قدرته على ربط الأشياء ببعضها .

المهندس : جميل تفكيرك يا أحمد ، فلابد من وجود ملكة القدرة على استنتاج

الشيء لنصل من خلاله إلى تكوين الحقيقة النهائية التى تهمنا .

شيماء : أريد توضيحاً أكثر يا سيدى.

المهندس : فلنفرض يا شيماء أن لدينا صفيحة معدنية تغطى مساحة معينة ولتكن غرفة ، وسنوصل بهذه الغرفة تياراً كهربيا ، ثم مرّ عليها أرنب ، ماذا تتوقعين يا شيماء .

شيماء : سيموت طبعًا ، لأنَّ الكهرباء ستصعقه .

المهندس : ما رأيك إذن إذا وضعنا على الصفيحة طبقة عازلة ، ثم مرَّ عليها أرنب آخر ، ماذا تتوقعين .

شيماء : لن يحدث له شيء ، لوجود الطبقة العازلة .

المهندس : إذن فنحن نستنتج من ذلك أنّ الكهرباء تسبب صعق المادة الحية، ومن ثم ينبغى الحذر منها، وعدم ملامسة الأسلاك التى تمر فيها الكهرباء وهى عارية.

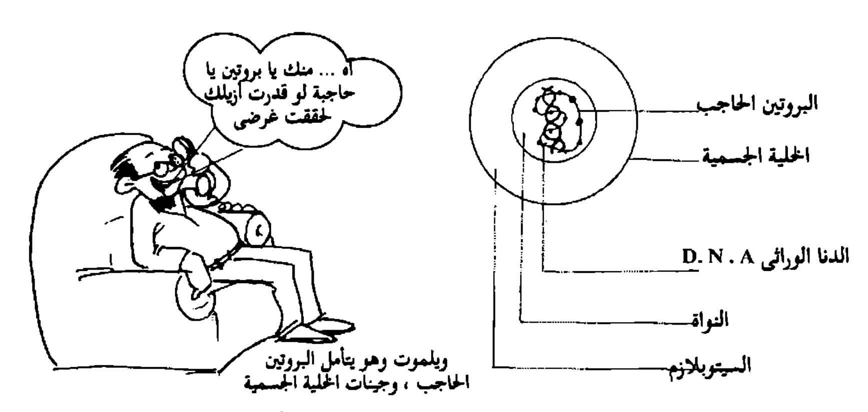
أحمد" : ولو طبقنا ذلك على ويلموت يا سيدى .... كيف ستتضح لنا ملكة الاستنساخ لديه ؟

المهندس : لقد لاحظ ويلموت أن البروتينات الحاجبة تحجب عمل الجينات فى الخلية الجسمية ، بينما لا يحدث ذلك فى الخلية الجنينية ، ومن ثمّ فقد استنتج أن تثبيط عمل الجينات الحاجبة ، أو إتلافها يؤدى إلى إعادة عمل الجينات المكونة لجينوم الخلية الجسمية ، ومن ثمّ تتحول الخلية الجسمية إلى خلية جنينية.

شيماء : جميل فكر ويلموت ذلك ، لابد أن أعبر عن ملكة قدرته على الاستنتاج فى صورة لوحة كاريكاتيرية .

المهندس : وما تلك اللوحة الكاريكاتيرية يا شيماء ؟

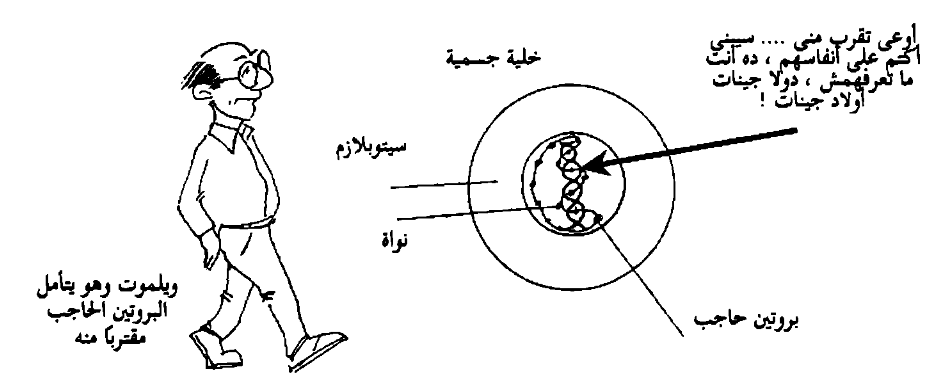
شيماء : ها تلك يا سيدى :



أحمد : وقد اتجه إلى شيماء ، وهو يقول لها : لكنى أنا سأعبر بلوحة كاريكاتيرية، ستفوق لوحتك جمالا

المهندس : لم نتعود ذلك فى حديثنا يا أحمد ، فلوحة شيماء جميلة ، ومؤكد أنّ لوحتك التى ستقدمها جميلة ، ولذلك فأنا حريص على أن أراها .

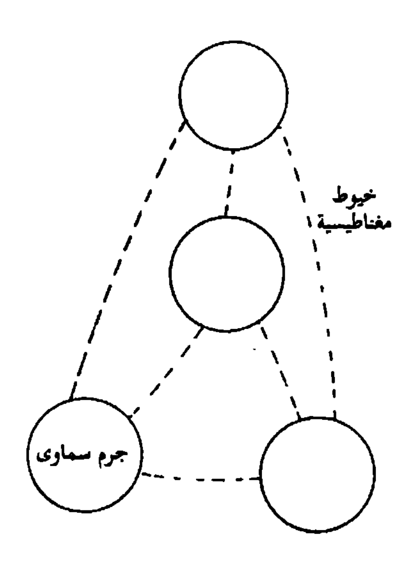
أحمد : سأنفذها حالا ، ويمكث لبعض الوقت ، ثم يحضر لوحته الجميلة لكى يراها الجميع.



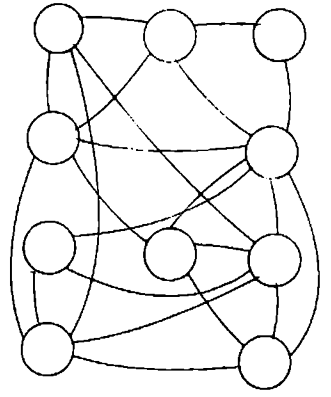
ثالثا : ملكة القدرة على الخيال :

لابد أن يتسم العالم بقدرته على التخيل الشديد ، فالوصول إلى الحقيقة العلمية يبدأ بخيال ، ومع مضى الأيام يتحول هذا الخيال إلى حقيقة علمية واقعة.

أحمد : وما أمثلة ذلك يا سيدى ؟



المهندس : الأمثلة كثيرة وعديدة ، فقد تخيل العالم كبلر أن خيوطًا ما تربط بين النجوم ، ومن ثمّ فالنجوم ممسوكة معا بواسطة قوى خفية يرمز لها بالخيوط ، ثم يثبت بعد ذلك وجود قوى كهرومغناطيسية تربط بين هذه النجوم ، وأن الخيوط الوهمية التى تخيلها كبلر عبارة عن خيوط القوى المغناطيسية التى تربط بين هذه النجوم ، والتى يمكن إيضاحها فى الشكل المقابل:



تقاطعات الخيوط المغناطيسية بين الأجرام السماوية (بلايين البلايين من التقاطعات)

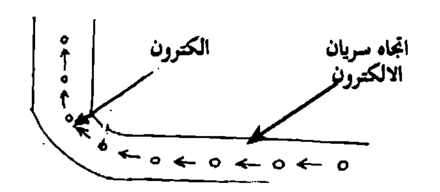
ومن ثم فالكون ملىء بهذه الخيوط التى تنتشر فى كل مكان فى الفضاء ، ومن ثم فإذا نظرنا إلى الفضاء ، فسوف نشاهد (فرضًا) بلايين البلايين من التقاطعات المغناطيسية فى شكل خيوط كما يتضح من الشكل المقابل :

والتيار الكهربى الذى نستخدمه فى كل شىء فى حياتنا فى المصانع ، والأجهزة والمعامل والمنازل وسائر حياتنا، ومازلنا نتعامل مع ماهية فرضية له .

شيماء : ماهية فرضية ؟

المهندس : أى أن العلماء لم يستطيعوا تحديد ما هو التيار الكهربى ؟ لذا افترضوا أنّ التيار الكهربى عبارة عن شىء معين .

أحمد : وما هذا الشىء ؟



افترضوا أن التيار الكهربى عبارة عن سيال أى فيض من الإلكترونات التى

تسير من قطب إلى قطب ، كما يتضح مما يلى فيما إذا تخيلنا أننا كبَّرنا السلك الذى تسير فيه الكهرباء .

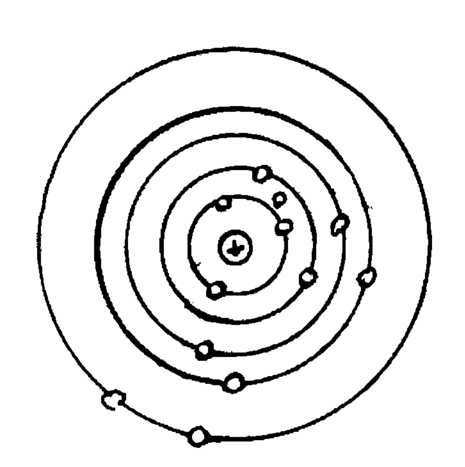
شيماء : وما هو الإلكترون يا سيدى ؟

المهندس : الإلكترون يا شيماء هو إحدى الجسيمات الذرية ، أى الجسيمات المكونة للذرة ، والذرة هى وحدة تكوين المادة الجامدة ، فكما أنَّ المادة الحية تتكون من وحدات بنائية تسمى بالخلايا فالمادة غير الحية تتكون من وحدات بنائية تسمى بالذرات ، ومفردها ذرة ، وقد كان توصل العلماء للذرة وتركيبها نوعًا من الخيال فى البداية، فقد شبهها العلماء بثمرة البرتقال ، حيث القشرة من الخارج ، والبذور داخل اللب من الداخل ومن ثمَّ فقد شبهوا الذرة بمجموعة من الجسيمات الموزعة داخل وخارج الذرة ، وهكذا أصبح ذلك يمثل التصور المبدئى للتركيب الذرى ، والذى ثبت بعد ذلك أن التركيب الذرى يشبهه إلى حد ما ، حيث ثبت أن الذرة تتركب من نواة فى الداخل ، وهذه النواة تحمل نوعين من الجسيمات الذرية ، نوع يحمل شحنة موجبة ، ونوع آخر لا يحمل شحنة ، وحول النواة توجد الإلكترونات ، وهى تدور حول النواة ، والإلكترونات جسيمات سالبة الشحنة .

شيماء وقد بدا عليها أنها تريد أن تسأل عن شىء ما – وقد أدرك المهندس منها ذلك ، وهو يسألها ماذا تريدين يا شيماء؟

شيماء : أريد أن توضح لنا ما ذكرته من خلال شكل توضيحى .

المهندس وهو يبتسم : وهو كذلك يا شيماء ، ثم يبدأ فى رسم الشكل التوضيحى الخاص بذلك :



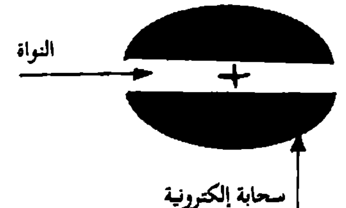
ثم يتابع المهندس حديثه قائلا: ترمز العلامة + إلى الشحنة الموجبة الموجودة داخل النواة ، والممثلة فى الجسيمات الذرية المعروفة بالبروتونات.

أحمد : إذن فالبروتون جزىء موجب الشحنة .

المهندس : نعم يا أحمد ، بينما الرمز ○ يرمز للإلكترون الذى يسير فى الفلك الدائرى المحيط به ، حيث تدور الإلكترونات حول النواة فى مسارات إلكترونية، وتترتب الإلكترونات فى المدارات الذرية المحيطة بالنواة من خلال قواعد معروفة وثابتة .

شيماء : لكن هل للإلكترونات أماكن محددة حول النواة ؟

المهندس : لقد كان العلماء يعتقدون ذلك ، لكن مع تقدم الأبحاث العلمية والدراسات اتضح أن الوضع الثابت الذى افترضه العلماء للإلكترون يمثل وصفًا خاطئا ، حيث أن الوضع الصحيح للإلكترون هو الوضع غير الثابت ، حيث لاحظ العلماء أن الإلكترون يتواجد فى أماكن مختلفة عبر الرحلة الزمنية حول النواة أثناء حركته المستمرة ، ومن ثم فقد استخدموا مصطلح السحابة الإلكترونية ، والتى تعنى الدوران المستمر للإلكترونات غير المحدد حول النواة ، والذى يمكن تمثيله كالشكل التالى :



أحمد : وهل الإلكترونات مقصورة الوجود على مدار دون الآخر ؟

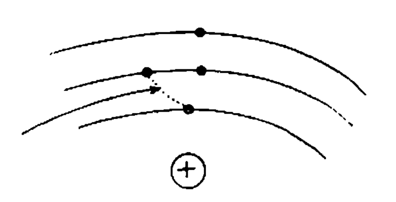
شيماء : تعنى يا أحمد أن الإلكترونات يمكن لها أن تنتقل من مدار لمدار أو من مسار إلى مسار ثم تصمت ، وكأنها تفكر فى شىء عميق، وهى تحدث نفسها ممكن .. لا ... وما المانع ؟ .. ويلاحظها المهندس ، وهو ينظر إليها فى صمت باسم فرحا بها وبفكرها ليقول لها : ولماذا غير ممكن يا شيماء ؟ ولم قلت : وما المانع ؟

شيماء وهى متعجبة إذن : من الممكن أن .. ولم تكمل الحديث، لكن الذى أكمل هو المهندس ليقول لها :

من الممكن أن تنتقل الإلكترونات يا شيماء من مدار إلى مدار، ومن مسار إلى مسار ، سواء كان من المدار الأقل إلى الأعلى ، أو من الأعلى إلى الأقل .

أحمد : الأقل فى شىء والأعلى فى شىء ؟

المهندس : عندما نتكلم عن مدارات الكترونية ، فنحن نركز على الطاقة الخاصة بهـذه المدارات ، ومن ثم فلكى ينتقل الكترون من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى فلابد من وجود طاقة زائدة تعمل على إثارة هذا الإلكترون من المستوى الأقل فى الطاقة إلى المستوى الأعلى فى الطاقة ، ويمكننا توضيح ذلك فى الشكل المقابل :



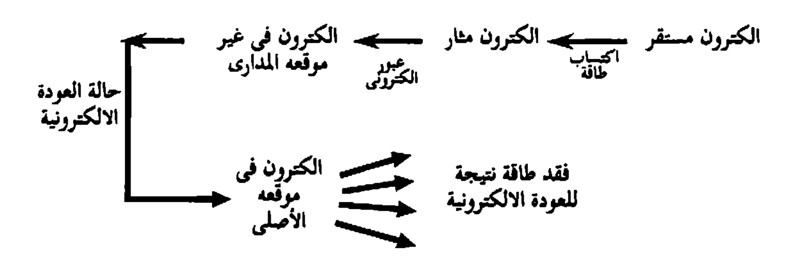
انتقال الإلكترون المثار (ذو الطاقة الزائدة) من مستوى الطاقة الأول إلى مستوى الطاقة الثانى

شيماء : لكن ما مصير هذا الإلكترون العابر للمدارات الذرية .. هل يمكن أن يرجع مرة أخرى إلى مداره الخاص به أم سيظل فى المدار الجديد ؟

المهندس : لابد أن كل شىء إلى أصله يعود يا شيماء ؟ ولذلك كان عابراً، لكنه يتخذ من عبوره ذلك وسيلة لإخراج ما به من طاقة لكى يستقر ، وليس وسيلة للاستقرار النهائى بعد العبور.

أحمد : نريد إيضاحاً أكثر يا سيدى ؟

المهندس : سأوضح لكما ذلك ياعزيزىَّ فى الشكل التوضيحى التالى :



شيماء : جين وإلكترون كلاهما يمثل لغزاً محيراً .

المهندس : الجين يمثل المخزون المعلوماتى الخاص بالمادة الحية .. ويعنى ذلك أنّ التركيب فى النهاية عبارة عن معلومة ، والمعلومة هى المحركة لجميع

العمليات ، إذن لو حللنا جسم الكائن الحى لوصلنا فى النهاية إلى الحصول على معلومة وليس مكوناً ماديا ، وهذا له معناه الخطير والمهم .

أحمد : وما هو يا سيدى ؟

المهندس : إن التركيب المادى ليس مهما ، بل المهم المعلومة الكامنة وراء هذا التركيب ، وسوف أوضح لكما هذا فى ذلك الشكل التوضيحى التالى :

تركيب حى ← (فحص) **أنسجة** ← (فحص) **خلايا** ← **فحص** ← **مجموعة من المعلومات**

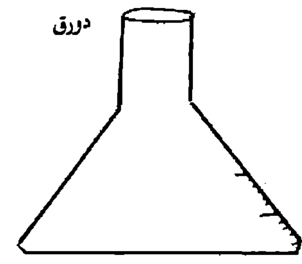
أحمد : وهو يتجه إلى المهندس قائلا له : إذن فالمادة الحية معلومة .

المهندس : ولِمَ تقصر كلامك على المادة الحية فقط يا أحمد ؟

شيماء : أتقصد يا سيدى أن المادة غير الحية هى أيضا معلومة ... كيف ذلك ؟

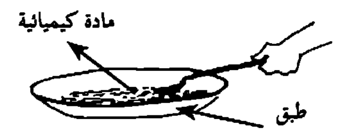
المهندس : لقد سبق أن ذكرت لك يا شيماء أنت وأحمد أن المادة غير الحية تتكون من ذرات ، والذرة تتكون من إلكترونات .

المواد غير الحية ، يتفاعل بعضها مع بعض فيما يسمى بالتفاعل الكيميائى ، والتفاعل يعنى حدوث تداخل ما بين مادتين، أتريان ما سأفعله يا عزيزىّ ، أتريان ذلك الدورق الذى بيدى :

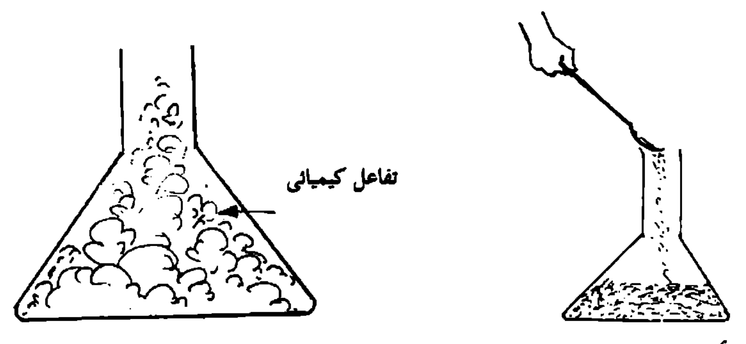


ويكمل **المهندس** كلامه قائلا :

سأخذ من هذه المادة الكيميائية كمية معينة من خلال ملعقة من على الطبق



ثم أضعها فى الدورق بعد أن نضع به ماءً .. هكذا .



ولنفرض أن هذه المادة عبارة عن عنصر يسمى بعنصر الصوديوم، ثم سنضع فى الدورق أيضا عنصراً كيميائيا آخر ، وليكن عنصر الكلور.

أتريان ماذا حدث فى الدورق ؟

شيماء : حدث تغير ما .

المهندس : هذا التغير يسمى التفاعل الكيميائى .

وليكن الأمر واضحا ، سنضع فى هذا الدورق قاعدة أى مادة خواصها قاعدية ، ونعنى بذلك أن درجة الحموضة والقلوية لها مرتفعة أكثر من سبعة (٧) والمقصود بدرجة الحموضة والقلوية اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين الموجود فى المحلول.

ثم يكمل المهندس كلامه فيقول :

نرمز لأيون الهيدروجين بـ H^+ وتعنى العلامة + أعلى H فقد ذرة الهيدروجين لإلكترون وتحولها إلى آيون وليس ذرة ، وهذا الأيون موجب ، ولذا يسمى بالبروتون كما يتضح من المعادلة التالية :

$$H \xrightarrow{-e^-} H^+$$

والتى تعنى أن ذرة الهيدروجين H قد فقد إلكترونا $e-$ لتعطى بروتون الهيدروجين (H^+) .

ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بشكل آخر كالتالى :

$$H^+ + e^- \longrightarrow H$$

والتى تعنى أن بروتون الهيدروجين يكتسب الكترونا ليعطى ذرة الهيدروجين.

ويرمز للوغاريتم بالرمز لو .

أحمد : إذن فاللوغاريتم السالب هو – لو أو **log -** .

المهندس : ويرمز لدرجة الحموضة والقلوية بـ **PH**

شيماء : تعنى يا سيدى أن الهيدروجين هو أس لأساس هو **(P)** ، حيث يسمى ذلك الرمز بالأس الهيدروجينى ، ومن ثم فدرجة الـ **PH** يعبر عنها كما يلى :

$$PH = - \log H^+$$

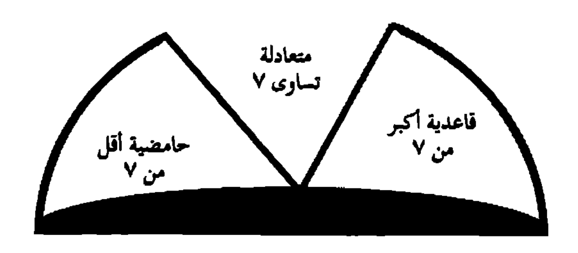
المواد ذات الأس الهيدروجينى الأعلى من ٧ تسمى موادّ قاعدية، والمواد ذات الأس الهيدروجين الأقل من ٧ تسمى بالمواد الحامضية ، والمواد ذات الأس الهيدروجينى المساوى لـ(٧) تسمى متعادلة ، فلا هى بالحامضية ولا هى بالقاعدية .

أحمد وقد اتجه إلى المهندس :

سأضع ذلك فى شكل تخطيطى .

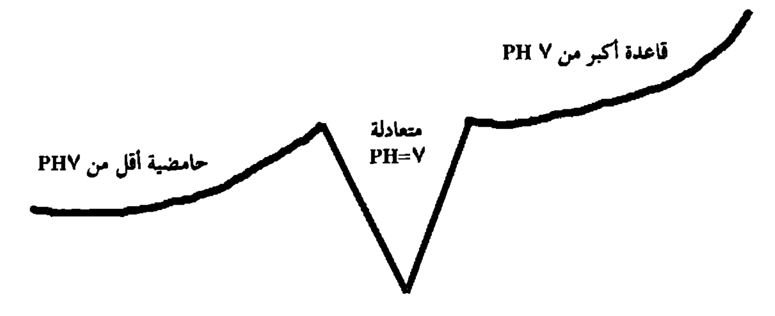
المهندس : وما هو يا أحمد ؟

أحمد : وقد بدأ ينفذ هذا الشكل التخطيطى على الورق ، ثم يقول **للمهندس** : ها هو



شيماء : لكنى سأضع رسماً تخطيطيا أفضل من رسمك ذلك يا أحمد :

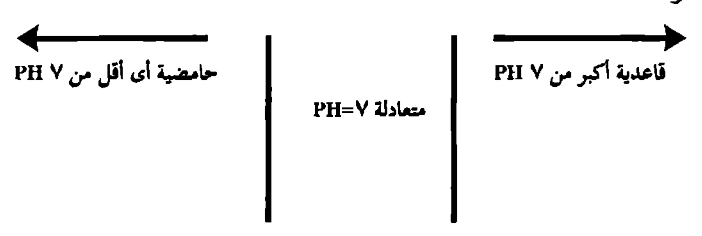
أحمد : فلترينا إذن يا شيماء



المهندس : وهو يبتسم ، كل من الرسمين جميل ، لكن سأضع لكما شكلا تخطيطيا بسيطا للغاية ، وسيكون كافيا للتعبير عن المعلومة.

أحمد وشيماء فى لهفة وهما يتجهان للمهندس ، وما هو؟

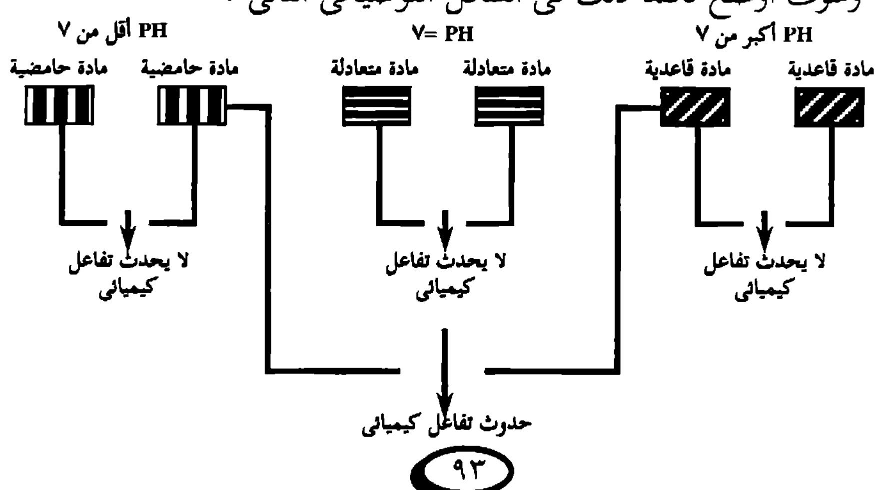
المهندس : ها هو :



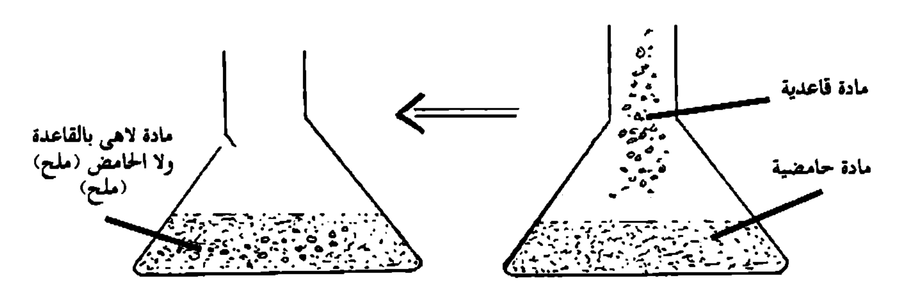
أحمد : إنه رسم بسيط لكنه معبر ، وقد أوضح تماما ما نريده .

شيماء : لنعد إذن إلى التفاعل الكيميائى يا سيدى .

المهندس : يمكن للمادتين المختلفتين فى درجة الـ PH التفاعل فيما بينهما، بينما لا يمكن للمادتين المتشابهتين فى درجة الـ PH التفاعل فيما بينهما ، وسوف أوضح لكما ذلك فى الشكل التوضيحى التالى :



من ثم فعند وضع مادة قاعدية مع مادة حامضية فى دورق يحدث تفاعل كيميائى ، أى حدوث خلط جزيئى بين جزيئات المادة الحامضية وجزيئات المادة القاعدية لينتج من هذا التفاعل مادة ثالثة لا هى بالحامض ولا هى بالقاعدة ، بل هى خليط منهما ، كما يتضح ذلك من الشكل التالى :



عند حدوث التفاعل الكيميائى يحدث تغير فى درجة الـ PH الخاصة بوسط التفاعل ، فالوسط الحامضى له PH معينة تختلف عن الوسط القاعدى تختلف عن الوسط المتعادل .

أحمد : إذن فالتفاعل الكيميائى يكون مصحوبا بتغير فى درجة الـ PH .

شيماء : لكن كيف نعرف هذا التغير فى الـP^H المصاحب للتفاعل الكيميائى ؟

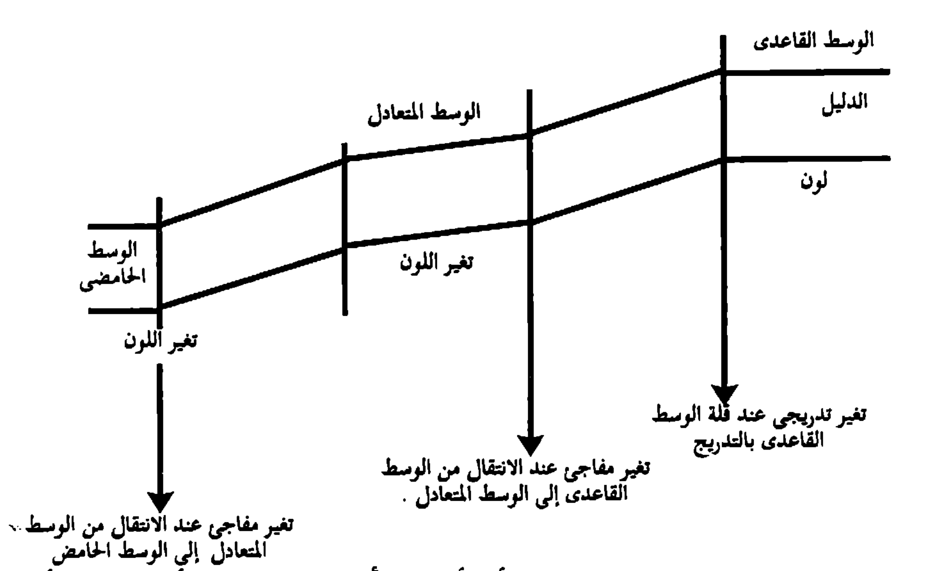
المهندس : كان لابد من وسيلة لمعرفة حدوث تغير فى درجة الـP^H من عدمه ، وقد بذل العلماء دراسات عديدة للوصول إلى ذلك ، وقد توصل العلماء إلى ما يعرف بالأدلة .

أحمد : الأدلة ؟

المهندس : نعم يا أحمد ، فهى عبارة عن مواد كيميائية يتغير لونها تغيرا مفاجئًا عند اختلاف الوسط سواء من حامضى إلى قاعدى أو العكس أو من حامضى إلى متعادل ، أو من قاعدى إلى متعادل .

شيماء : نريد توضيحاً أكثر .

المهندس : سأوضح لكما ذلك من خلال الشكل التوضيحى التالى :



ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا : أما أنواع الأدلة فتنقسم إلى أدلة فردية وأدلة خليطة أو مركبة وأدلة متتابعة أو متعاقبة .

أحمد : وما الأدلة الفردية ؟

المهندس : الأدلة الفردية هى الأدلة المتواجدة بمفردها ، فهى دليل واحد فقط ، ومن أمثلة هذه الأدلة : دليل يسمى بالفينول فيثالين ، ودليل آخر يسمى بأزرق المثيلين ، ودليل يسمى برتقالى المثيل ، ويمكن أن يكون ألوانهما فى الأوساط المختلفة كالتالى :

الدليل / الوسط ولون الدليل به	الوسط الحامضى	الوسط المتعادل	الوسط القاعدى
الفينول فيثالين	عديم	وردى	أحمر
أزرق المثيلين	أحمر	عديم	أزرق
برتقالى الميثيل	أحمر	بصلى	عديم

أحمد : إذن فالأدلة المفردة عبارة عن دليل واحد ذى تغير لونى مفاجئ عند تغير الوسط الذى يتواجد فيه الدليل ، والذى لاحظناه من الجدول .

شيماء : وماذا عن الأدلة الخليطة ؟

المهندس : الأدلة الخليطة عبارة عن أدلة تتكون من أكثر من دليل ، يتم الخلط فيما بينهما لإعطاء دليل يمكن استخدامه فى معرفة وصول تفاعل ما إلى نقطة النهاية .

أحمد : والأدلة المتتابعة ؟

المهندس : الأدلة المتتابعة هى التى تستخدم بالتتابع لمعرفة ماذا يحدث فى التفاعل الكيميائى ، حيث تتكون مركبات مختلفة فى درجة الـ **PH** الخاصة بها ، فبعضها يكون حامضيا ، والآخر قليل الحموضة ، وبعضها يكون قاعدياً .

لذلك فلكى نعرف نقطة النهاية للتفاعل الكيميائى لكل تفاعل لابد من استخدام الأدلة المتتابعة .

وسوف أوضح لكما ذلك فى هذا الشكل :

مادة حمضية ——(مادة قاعدة)——> **ملح**

مادة قليلة الحموضة ——(قاعدة)——> **ملح**

مادة قاعدية ——(مادة حامضية)——> **ملح**

شيماء : ليتك توضح لنا قليلاً يا سيدى ؟

المهندس : إذا كانت لدينا مادة حمضية ، فإننا نستخدم ما يسمى بالمعايرة مع استخدام دليل لمعرفة حدوث تفاعل من عدمه .

أحمد : وما المقصود بالمعايرة ؟

المهندس : المقصود بالمعايرة إضافة حجم ما من مادة إلى حجم معلوم من مادة أخرى مع وجود دليل يتغير لونه تغيراً فجائيا عند تغير PH الوسط .

شيماء : وكيف تتم عملية المعايرة ؟

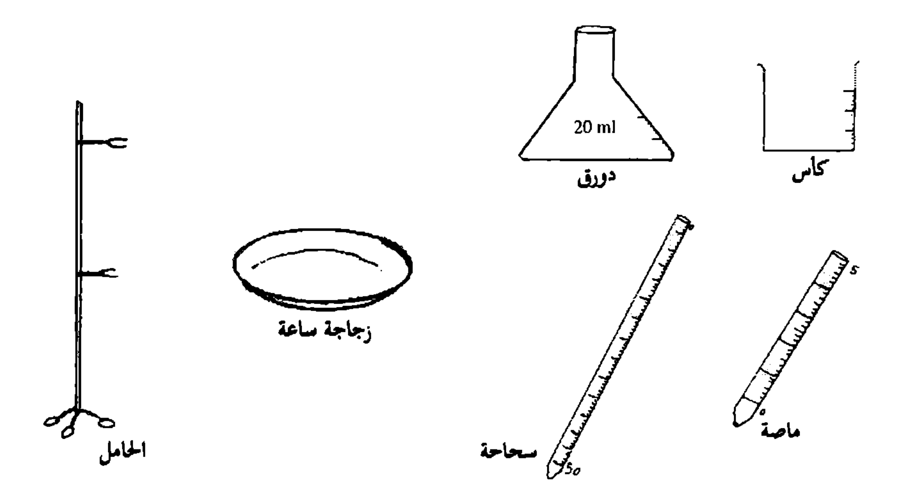
المهندس : تتم المعايرة من خلال أدوات كيميائية معينة .

أحمد فى عجلة : وما هى ؟

المهندس : من الأدوات الكيميائية المستخدمة فى عملية المعايرة السحاحة والدورق ، والدورق المعيارى ، والكأس ، والحامل ، والماصة ، وزجاجة الساعة ، ولكل

أداة استخدام ، وكيفية فى الاستخدام ، فالسحاحة تستخدم فى تحديد الحجم الذى استهلك من محلول مادة فى عملية المعايرة ، أما الدورق والكأس فيستخدمان فى وضع حجم معين من محلول مادة ما، أما الدورق المعيارى فيستخدم فى ضبط تركيز المحلول ، وتستخدم الماصة فى الحصول على حجم معين من محلول ما ، وتستخدم زجاجة الساعة فى أخذ حجم معين من مادة صلبة يراد إذابتها فى الماء أو أى مذيب آخر لعمل محلول منه ، أما الحامل فيتم تثبيت السحاحة والماصة عليه .

ويمكن أن أوضح لكما هذه الأشكال ببساطة كما يلى :



أحمد : وهل للأدلة أنواع ؟

المهندس : توجد أنواع عديدة من الأدلة ، وكل منها يحدث له تغير مفاجئ فى لونه ، ومن ثم فلابد من توافر شروط معينة فى المركب الكيميائى الذى يصلح كدليل .

شيماء : وما هى هذه الشروط ؟

المهندس : من هذه الشروط :

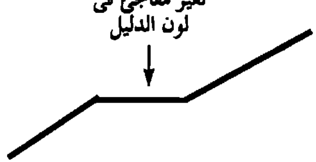
– أن يكون للدليل لون ، حتى يمكن أن نتعرف من خلال تغير اللون على نوع المادة الكيميائية السائدة فى المحلول .

– أن يكون لون الدليل مختلفاً عن لون الأيون ، ولنوضح هذه الجزئية سنأخذ حرفى دل لنرمز بهما للدليل ، ومن ثم فـ(دل) تعنى الدليل فى الحالة الجزيئية ،بينما (دل)$^+$ تدل على أيون الدليل .

إذن فالدليل يختلف فيه لون (دل)عن لون (دل)$^+$.

– أن يكون التغير فى لون الدليل تغيراً مفاجئاً .

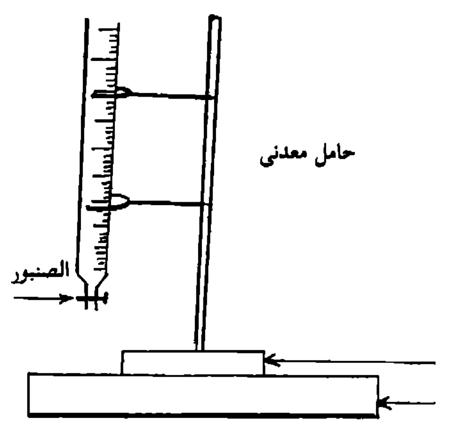
فالتغير التدريجى فى لون الدليل يكون هكذا .



المهندس وهو يتابع حديثه قائلاً :

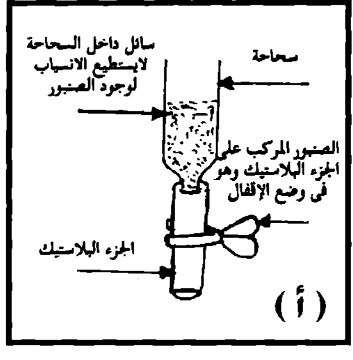
من الأدوات المستخدمة فى عملية المعايرة السحاحة ، والسحاحة عبارة عن أنبوبة زجاجية من البلاستيك المقوى الشفاف ، ومدرجة من أعلى لأسفل ، والجزء الأسفل منها مسحوب ، ويمكن إيضاح ذلك كما فى الشكل المقابل:

يتم وضع السحاحة فى حامل معدنى، وذلك لتثبيتها ، كما يتم وضع صنبور عليها (على الجزء المسحوب) ، ويتضح ذلك فى الشكل المقابل :



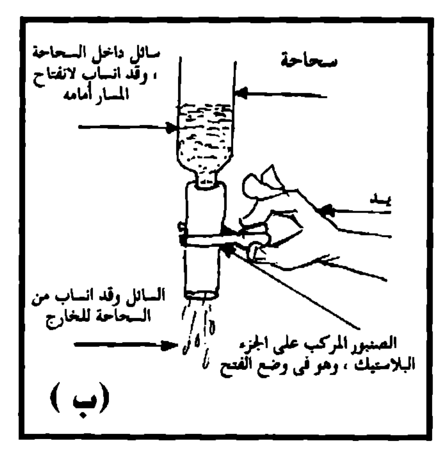
شيماء: لكن كيف يخرج السائل من السحاحة ؟

المهندس : يوضع الصنبور على جزء من البلاستيك اللين القابل للضغط عليه والمركب على الجزء المسحوب من الجزء الأسفل فيما يتضح من الشكلين التاليين :

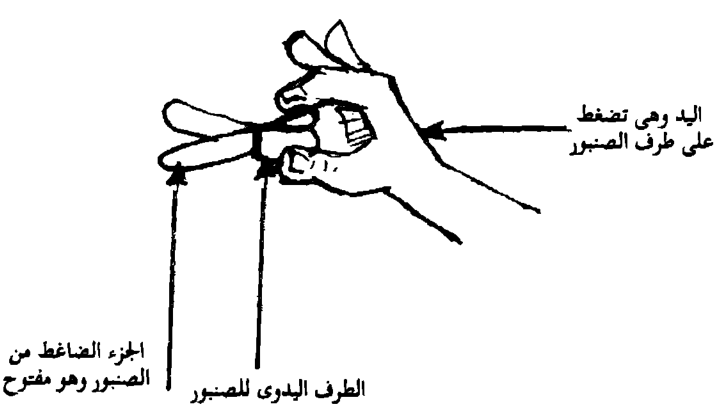


يتضح من الشكل (أ) أنه فى حالة قفل الصنبور (وضع الضغط على الجزء البلاستيك بقوة) فإن السائل الموجود داخل السحاحة لا يحدث له انسياب لوجود ممر غير مفتوح أمامه ، وتتضح ذلك من خلال وضع نهايتى الصنبور (الوردتين) متباعدتين بعضهما عن بعض .

(الطرف اليدوى) (الذى يتم الضغط عليه باليد)

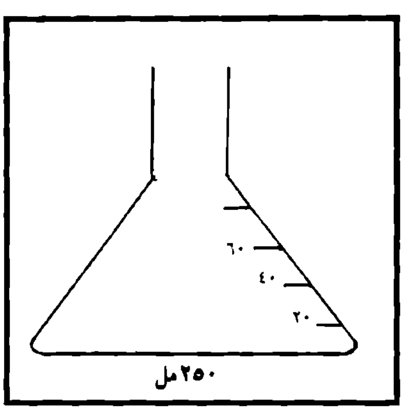


بينما فى شكل (ب) يحدث انسياب للسائل الموجود داخل السحاحة ، وذلك لوجود ممر مفتوح أمام السائل ، ويتضح ذلك من خلال وضع الطرف اليدوى للصنبور (وردتى الصنبور) متقاربتين كما يلى :

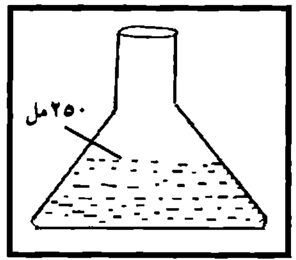


أحمد : وما هى الأدوات الأخرى ؟

المهندس : مهلاً يا أحمد ، فلا تستعجل الحديث ... ثم يكمل المهندس حديثه قائلاً، أما الأداة الأخرى فهى عبارة عن دورق مدرج ، حيث يتم وضع حجم معين من المادة المراد معايرتها بالمادة الموجودة فى السحاحة ، ويمكن توضيح شكله كما فى الشكل المقابل :



ويكتب على زجاج الدورق (حيث يصنع الدورق من الزجاج الشفاف) الحجم الذى يأخذه الدورق حتى العلامة الموضحة عليه ، ويدرج الدورق من أسفل لأعلى ، فلو كان الحجم المراد أخذه ٢٥٠ مل ونقصد بها مائتين وخمسين مللى ليتر ـ (حيث الواحد لتر يساوى ألف سنتيمتر مكعب أى ١ لتر = ١٠٠٠سم٣ ، والواحد سنتمتر مكعب يساوى الواحد مللى ليتر .



إذن ١ لتر = ١٠٠٠ مل) ـ فإننا نملأ الدورق حتى العلامة المحددة لـ ٢٥٠ مل كما فى الشكل المقابل :

كما إذا أردنا أن نأخذ ستين مل ، فإننا نملأ الدورق حتى ٦٠ مل فقط كما يلى :

أحمد : لكن كيف نأخذ أحجامًا مختلفة من السائل المراد معايرته بالسائل الموجود داخل السحاحة ؟

المهندس : مهم سؤالك ذلك يا أحمد ، وسوف أجيبك عليه ... فمن المنطقى أن

نقـول : إن الدورق قـابل لأن نضع فيـه أى حـجم ، ومن ثم فـلابد من وسيلة تحدد حجم السائل المضاف إلى الدورق .

شيماء : وما هذه الوسيلة ؟

المهندس : تلك الوسيلة هى الماصة .

أحمد وقد قاطع حديث المهندس ... الماصة ! ... أهى تمتص الأشياء ؟

المهندس وقد نظر إلى أحمد مبتسماً ، بل نمتص نحن بها السوائل يا أحمد لذلك سميت : ماصة .

شيماء : وما هى ؟

المهندس : كما ترونها أمامكم يا عزيزىّ : انظر ...
إنها أنبوبة من الزجاج الشفاف أو البلاستيك الشفاف ، ومدرجة من أسفل لأعلى .

أحمد : عكس تدريج السحاحة .

المهندس : نعم يا أحــمــد ، لكن هذا لا يمثل الفارق الوحيد بينها وبين السحاحة.

شيماء : وما هى الفروق الأخرى ؟

المهندس : كما رأيتما السحاحة من قبل والماصة الآن

يمكنكما أن تفرقا بين السحاحة والماصة ، وسوف أوضح لكما هذه الفروق فى الجدول التالى :

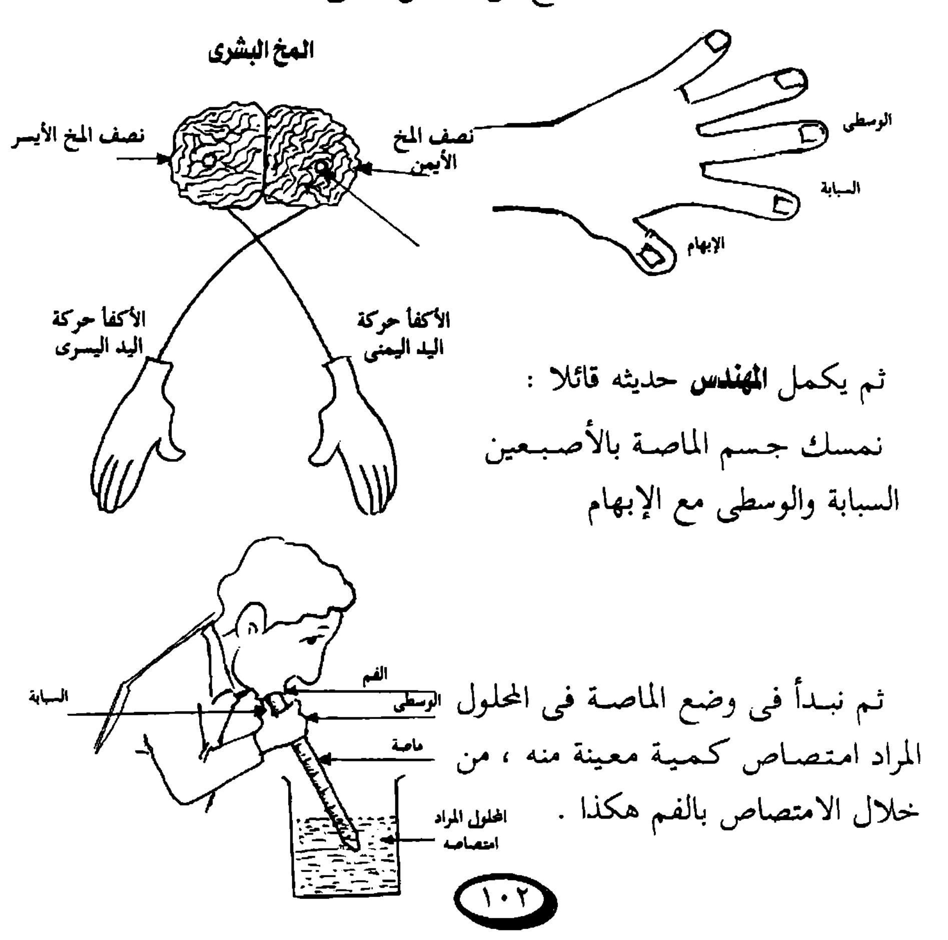
السحاحة	الماصة
فى معايرة حجم مجهول من المحلول داخلها مع حجم معلوم من المحلول الآخر داخل الدورق.	نقل حجم معلوم من محلول ما إلى الدورق
مدرجة من أعلى لأسفل.	مدرجة من أسفل إلى أعلى
يركب على الجزء المسحوب صنبور	لا يركب على الجزء المسحوب صنبور
يتم التحكم فى نزول المحلول منها من خلال الصنبور	يتم التحكم فى نزول المحلول منها من خلال أصبع الإبهام باليد

أحمد : لكن كيف يتم التحكم فى نزول المحلول من الماصة ؟

المهندس : نمسك بالماصة باليد اليمنى أو اليسرى ، طبقا لمقدرتنا على الحركة الأدق والأسرع بأى من اليدين ، وذلك يتوقف على موقع مركز بروكا (الخاص بحركة اليد الدقيقة كالكتابة وغيرها) فى نصف المخ الأيمن ، أم فى نصف المخ الأيسر. فإذا كان مركز بروكا فى نصف المخ الأيمن ، فإن الإنسان يتحرك بيده اليسرى فى الحركات الدقيقة أكثر إجادة من اليمنى ، وإذا كان مركز الحركة فى الأيسر ، فإن الإنسان يتحرك بيده اليمنى حركة دقيقة أكثر من اليد اليسرى .

أحمد : إذن فدرجة الإجادة فى الحركة الدقيقة لليد تتوافق عكسيا مع موقع مركز بروكا فى المخ.

المهندس : تماما يا أحمد كما يتضح من الشكل التالى :

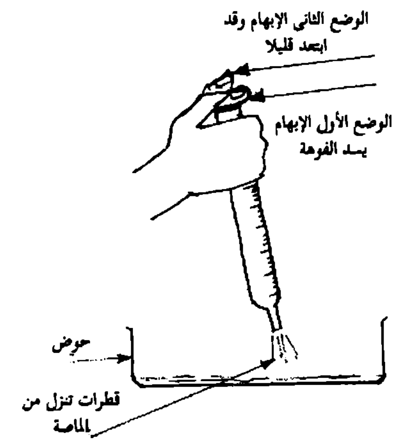


ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا :

نمسك جسم الماصة بالأصبعين السبابة والوسطى مع الإبهام

ثم نبدأ فى وضع الماصة فى المحلول المراد امتصاص كمية معينة منه ، من خلال الامتصاص بالفم هكذا .

بعد امتصاص الحجم المطلوب ، وبسرعة نسد الفوهة العليا للماصة بواسطة الإبهام ، حتى لا يسيل المحلول من الماصة مرة أخرى .



شيماء : لكن من الممكن أن يزيد الحجم الممتص على الحجم المطلوب .. فكيف يتم التخلص منه ؟

المهندس : يتم التخلص منه بتحريك الإبهام من على الفوهة بدقة شديدة ، ثم إرجاعه إلى وضعه الصحيح بسرعة كبيرة هكذا .

أحمد : إذن كيف تتم عملية المعايرة ؟

المهندس : نأخذ حجمًا معينًا في الدورق ، ثم نضع قطرات من الدليل على المحلول الموجود في الدورق.

نملأ بعد ذلك السحاحة بالمحلول الذى سنعاير به ، ثم نبدأ فى إنزال المحلول من السحاحة على محلول الدورق من خلال التحكم فى الجزء المسحوب بواسطة الصنبور ويتم الإنزال قطرة ، قطرة ، مع الرج للدورق ، نوقف عملية المعايرة عند التغير المفاجئ للون الدليل.

شيماء : ألا تتكون ألوان أثناء عملية الإنزال ؟

المهندس : بل يتكون يا شيماء ، حيث يتكون لون عند نزول القطرات من السحاحة في الدورق ، لكنه يزول مع رج المحلول ، لكن عند زيادة نقطة من المحلول الموجود فى السحاحة يحدث تغير مفاجئ فى لون الدليل .

أحمد : لهذا يعتد فقط باللون المفاجئ المتكون.

ثم يكمل **المهندس** قائلا : نحدد بعد ذلك الحجم الذى استهلكناه فى عملية المعايرة من السحاحة ، ولدينا الحجم المعلوم من محلول الدورق ، ومن خلال معادلات خاصة يمكننا تحديد قوة أى من المادتين المتواجدتين سواء فى المحلول الموجود فى السحاحة ، أو فى المحلول الموجود فى الدورق.

شيماء: قوة المحلول ؟ ما المقصود بها ؟ وكيف نعرفها ؟

المهندس: قوة المحلول هو مصطلح نقصد به مدى قدرة المحلول على التفاعل، فالمحاليل تختلف فى قوتها ، وهذا منطقى ، فلو تساوت المحاليل فى قوتها ما اختلفت التفاعلات الكيميائية مطلقا .

أحمد: لكن كيف نعبر عن هذه القوة ؟

المهندس: توجد طرق مختلفة للتعبير عن قوة المحاليل الكيميائية ، ورغم اختلاف هذه الطرق لكنها تتشابه فيما بينها فى التعبير الدقيق عن قوة المحاليل ، ومن هذه الطرق ما يلى :

١. العيارية :

عدد الجرامات الموجودة من المادة فى اللتر ، فإذا قلنا : إن قوة المحلول ١ عيارى ، وتكتب (١ ع) ، وتعنى (ع) عيارى ، فإننا نقصد أن هذا المحلول مذاب منه ١جم فى ١ لتر ، وقد تكون المادة حامضية أو قاعدية كما يتضح من تلك الأمثلة :

المادة	الرمز	القوة بالعيارى	المدلول
حمض الهيدروكلوريك	HCl	١ ع	١جم مذاب فى ١ لتر
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	٥,ع	٥, جم مذاب فى ١ لتر
حمض الكبريتيك	H_2S0_4	٠١,ع	٠١, جم مذابة فى ١ لتر

٢- المولارية:

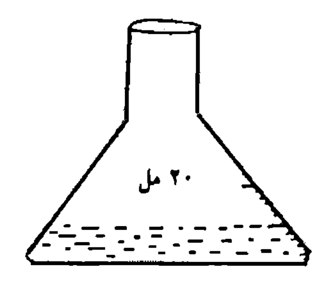
والتى نعنى بها عدد المولات الموجودة من المادة فى ١ لتر من المحلول . فلو قلنا : إن قوة مادة ما ٢م حيث يرمز (م) إلى المولارية نعنى بذلك وجود ٢ مول من المادة فى ١ لتر من المحلول ، ومن ثم فنحن نأخذ ٢ مول من مادة ما ، ثم نحضر ١ لتر من المحلول المراد الإذابة فيه ، ثم نذيبها فى هذا المحلول .

٣- المولالية :

والتى نعنى بها الوزن المضاف إلى ١٠٠٠جم مذيب مقسوماً على الوزن الجزيئى .

أحمد: لكن كيف تتم عمليات الحساب لقوة المحلول ؟

المهندس : لابد أن أوضح لكما ذلك من خلال مثال كما يلى ، فلنفرض أننا نريد أن نعين قوة أو تركيز مادة قاعدية ولتكن هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** ، حيث يكون لدينا حجم معين منها ، ثم نضع هذه المادة فى الدورق كما يلى :



إذن فالمتواجد لدينا من هيدروكسيد الصوديوم ٢٠مل ، حيث تتم عملية المعايرة بواسطة محلول حامضى وليكن حمض الهيدروكلوريك ، لكنه ليس محلولا عاديا ، بل محلول قياسى .

شيماء : محلول قياسى ؟!

المهندس : المقصود بالمحلول القياسى المحلول الذى يتصف بمواصفات معينة وشروط محددة .

أحمد : وما هذه الشروط ؟

المهندس : من شروط المادة القياسية ما يلى :

أولا : ألا تمتص رطوبة ، لأنها إذا امتصت رطوبة ، فإن وزنها يتغير .

ثانيا : ذات تركيب كيميائى ثابت ، فالمادة التى يتغير تركيبها الكيميائى لا يمكن اعتبارها مادة قياسية .

ثالثا : ذات تركيز ثابت ، حتى يمكن المعايرة من خلالها .

شيماء : نعود إلى عملية المعايرة ، وكيف تتم ؟

المهندس : نملأ السحاحة بالمحلول القياسى ، ثم نضع الدورق على ورقة بيضاء لكى تكشف لنا مدى التغير فى اللون ، ثم نضع الدليل على المادة القاعدية .

أحمد : أى دليل ؟ فنحن لا ندرك أى دليل سنضعه ؟ هل هو دليل الفينول فيثالين أم دليل الميثيل البرتقالى ؟

المهندس : لقد ذكرت لك يا أحمد أن لكل مادة درجة PH معينة ، فالمادة الحامضية درجة الـ PH لها منخفض أى أقل من ٧ ، بينما المادة القاعدية درجة الـ PH لها أعلى من ٧ ، كما يتواجد للدليل مدى من الـ PH ، فحينما نقول : إن درجة الـ PH لدليل ما يقع بين (١,٥-٤) فإننا نعنى أن هذا الدليل يستخدم فى حالة معايرة حامض قوى مع قاعدة قوية .

شيماء : إذن فالمسألة ليست عشوائية ، فعملية المعايرة مقننة ، وإضافة الأدلة محددة ، بل وعدد القطيرات النازلة من السحاحة محددة.

المهندس : تماما يا شيماء كما قلت ، فجميع الأشياء فى التفاعل الكيميائى مقننة، فلابد من تساوى الأوزان المكافئة للمواد لكى يحدث بينها التفاعل الكيميائى،فالمواد تتفاعل بعضها مع بعض من خلال أوزانها المكافئة وليس من خلال أوزانها الجزيئية.

أحمد : لكن ما المقصود بالأوزان الجزيئية والأوزان المكافئة ؟

المهندس : توجد ثلاثة أوزان للمادة الكيميائية ، الوزن الجرامى والوزن الجزيئى ، والوزن المكافئ.

نعنى بالوزن الجرامى عدد الجرامات للمادة الكيميائية ، والذى يتحدد من خلال وزن المادة بالميزان ، والذى يعطى الوزن المباشر للمادة بالجرامات ، فإذا قلنا : إن الوزن الجرامى لمادة ما (١٢ جم) فإننا نقصد أنّ وزن مادة ما عند وضعها على الميزان يساوى ١٢ جم.

ثم يتابع **المهندس** حديثه قائلا : أما الوزن الجزيئى فهو مجموع الأوزان الذرية للذرات الداخلة فى تكوين المركب الكيميائى .

شيماء : نريد توضيحا بمثال يا سيدى ؟

المهندس : سوف أوضح لكما ذلك بالعديد من الأمثلة ، وليس بمثال واحد.

ثم يتابع حديثه قائلا :

فلو افترضنا أنّ لدينا هيدروكسيد صوديوم NaOH ، وأردنا حساب الوزن الجزيئى له ، فلابد فى هذه الحالة من حساب الأوزان الذرية له ، وبملاحظة تكوين المركب ندرك تكونه من ثلاث ذرات هى ذرة الصوديوم (Na) ووزنها الذرى ٢٣ جم ، وذرة

الأكسچين (O) ووزنها الذرى ١٦ جم،وذرة الهيدروجين (H) ووزنها الذرى ١ جم ، ومن ثم يكون الوزن الجزيئى لمركب هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** هو مجموع الأوزان الذرية للذرات الداخلة فى تكوين المركب .

إذن فالوزن الجزيئى لمركب هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** ، عبارة عن ٢٣+١٦+١=٤٠ جم. إذن الوزن الجزيئى لهيدروكسيد الصوديوم =٤٠جم.

أحمد : وما المقصود بالوزن المكافئ ؟

المهندس : المقصود بالوزن المكافئ ، هو عبارة عن الوزن الجزيئى مقسوماً على المكافئ .

شيماء : ... لكن .. ولم تكمل حديثها ، لأن المهندس قاطع حديثها قائلا لها : لكن ماذا يا شيماء ؟ أتريدين الاستفسار عن المكافئ .. أليس كذلك ؟

شيماء : نعم يا سيدى ، فمن المنطقى أن نسأل عما لا نعرفه .

المهندس : وذلك شىء يعجبنى فيكما ، فسؤال الإنسان عما لا يعلم سيقوده إلى المعرفة، والمعرفة أساس بناء الحضارات والتى تميز الأمم .. ثم يكمل المهندس حديثه قائلا :

المكافئ يختلف من مركب لمركب آخر ، فالأحماض التى تعطى بروتونات هيدروجين عند تأينها كحمض الكبريتيك $6H_2SO_4$ والذى يعطى بروتونات الهيدروجين .

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{--}$$

وكحمض الهيدروكلوريك **HCL** والذى يتأين كما يأتى: $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

ويعنى السهمان الموجودان أن الحمض يحدث له تأين فى اتجاه، ويحدث له تكوين فى الاتجاه المضاد أى أن التفاعل عكسى.

يسمى $6H_2SO_4$ أو **HCl** فى هذه الحالة بالمادة المتفاعلة ، بينما $H^+ Cl^-$ فى حالة حمض الهيدروكلوريك أو $2 H^+$ ، $6 SO_4^{--}$ فى حالة حمض الكبريتيك بالنواتج (المواد الناتجة) .

يتضح من المعادلتين السابقتين أن عملية التأين تعتمد على عدد ذرات الهيدروچين القابلة للتأين فى المركب الكيميائى، وتسمى هذه الذرات بذرات الهيدروجين البدول.

أحمد : إذن من الممكن وجود ذرات هيدروجين فى مركب لا يحدث لها تأين ؟

المهندس : نعم يا أحمد .

شيماء : نريد أمثلة على ذلك يا سيدى .

المهندس : من الأمثلة الواضحة على ذلك حمض الخليك ورمزه الكيميائى CH_3COOH ، حيث الهيدروجين فى مجموعة الكربوكسيل **COOH** يمكن أن يتأين حيث يخرج أيون الهيدروجين H^+ ، وأيون الكربوكسيل COO^- كما يلى :

$$COOH \xrightleftharpoons{\text{تأين}} COO^- + H^+$$

لكن ذرات الهيدروجين فى مجموعة الميثيل فى حمض الخليك لا يحدث لها تأين، ومن ثمَّ فتركيز أيون الهيدروجين الموجود فى المركب يرجع لتراكم أيون الهيدروجين الناتج من تأين مجموعة الكربوكسيل .

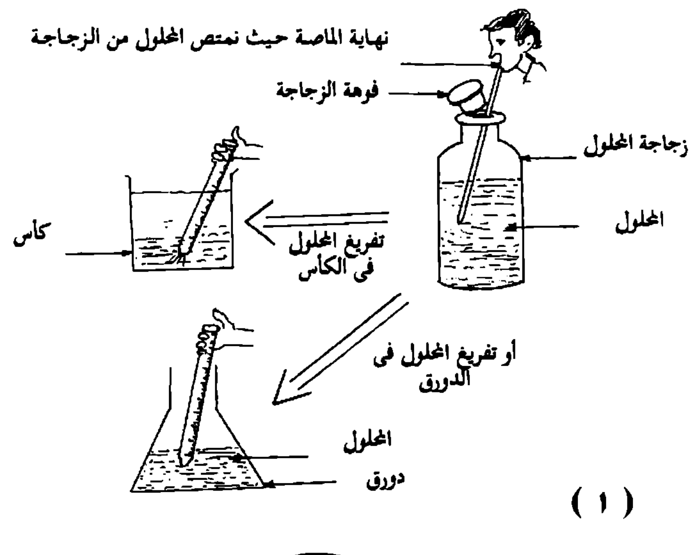
شيماء : إذن فلدينا الآن مادة حامضية ومادة قلوية .

أحمد : وماذا نفعل بعد ذلك يا سيدى ؟

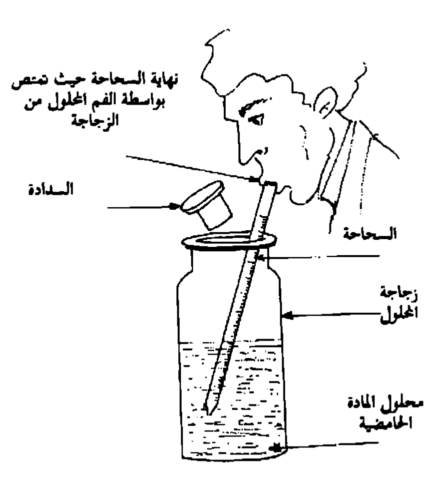
المهندس : سنضع فى الدورق المادة القاعدية .

أحمد : نضع أى كمية ؟

المهندس : كيف تفعل ذلك يا أحمد ؟ إنَّ هذا لا يصح ، بل نضع حجماً محدداً نأخذه من خلال الماصة من الزجاجة الموجود بها محلول المادة القاعدية كما يلى :



(١)

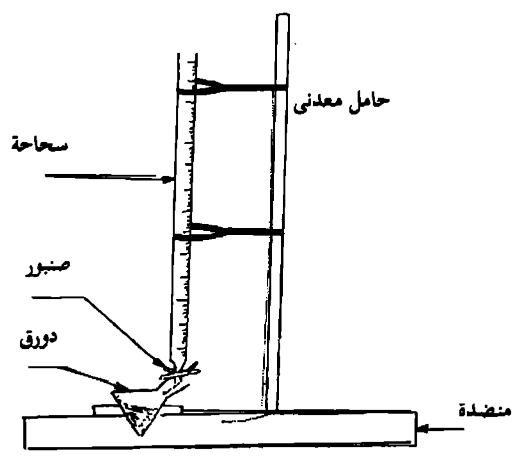


ثم نضع المادة الحامضية فى السحاحة ، حيث نملأ السحاحة بمحلول المادة الحامضية كما بالشكل المقابل :

ثم نضع المادة الحامضية فى السحاحة ، حيث نملأ السحاحة بمحلول المادة الحامضية كما بالشكل المقابل :

ويكمل **المهندس** حديثه قائلا :

نضع السحاحة فى مكانها من الحامل ونبدأ فى إجراء عملية المعايرة كما فى الشكل المقابل :



شيماء : لكن كيف تمسك أيدينا بالسحاحة والدورق عند إجراء المعايرة ؟

المهندس : نمسك الدورق باليد اليمنى والسحاحة باليد اليسرى، ونقصد بذلك إحكام السيطرة على نزول القطيرات من خلال الصنبور حيث يتم فتحه بالإبهام ، ثم نتركه، وهكذا .

نبدأ فى رج الدورق الموجود به المادة المراد معايرتها مخلوطة مع الدليل ، وذلك عقب نزول كل قطرة من المحلول الموجود بالسحاحة .

أحمد : وما الغرض من ذلك ؟

المهندس : نهدف من خلال ذلك إلى توزيع جزيئات المحلول النازل من السحاحة على جميع جزيئات المحلول الموجودة فى الدورق.

نوقف المعايرة عند نزول أول نقطة يتغير معه لون الدليل تغيراً مفاجئا .

ويكمل **المهندس** حديثه قائلا :

سنجد فى بعض التجارب حدوث تفاعل شديد بين المواد ، وفى البعض الآخر يكون التفاعل متوسطا ، وفى تفاعلات أخرى يتم التفاعل لكنه يكون ضعيفا ، وفى بعض الأحيان لا يحدث التفاعل بالمرة .

من المنطقى أن نسأل أنفسنا : لماذا تختلف قوة هذه التفاعلات؟

لماذا تتم بعض التفاعلات والبعض الآخر لا يتم ؟

لابد إذن من وجود موجه يحكم ذلك فالواضح كما تريان يا عزيزىّ أنّ العملية ليست عشوائية بل تتم من خلال نظام محدد وثابت.

ثم يتجه المهندس إلى أحمد وشيماء : وهو يتوسطهما موجها حديثه لهما قائلا :

لايمكن عزيزىّ وجود نظام توجيه بدون معلومة ، ولأبسط لكما ذلك أكثر سأسوق لكما بعض الأمثلة على ذلك .

رب الأسرة كالوالد لماذا هو بالذات يوجه أبناءه ؟ ... لأنه يمتلك المعلومة .. أية معلومة ؟ المعلومة الممثلة فى خبرة الحياة التى عاشها ، ما واجهه من صعوبات وعوائق فى حياته ، لذلك فهو يود أن يلاشيها من طريق أبنائه .

كذلك كما تريان أنتما الآن وأنا أشرح لكما أحدث وأهم وأخطر ثورة علمية يعيشها العالم (ثورة الهندسة الوراثية) ، لو لم أمتلك المعلومة .. هل كنت سأستطيع تبسيط ذلك ، كلا لأن فاقد الشىء لا يعطيه ، وأساس كل شىء هو المعلومة ، فمن يفتقد المعلومة الخاصة بالشىء لا يمكنه أن يقوم بالتوجيه فى مجال هذا الشىء.

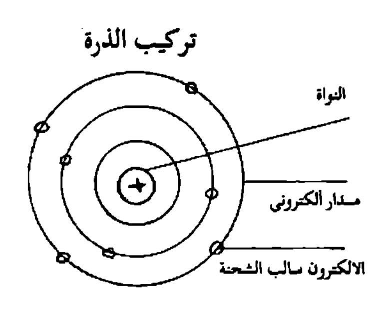
أحمد" : لكن ما هو ذلك الشىء الموجه لكل ذلك ؟

المهندس : لكى أجيبك عن ذلك يا أحمد . لابد أن تتعرف أولا على وحدة تكوين المادة غير الحية ، فكما تتكون المادة الحية من وحدات ، وكل وحدة تسمى بالخلية ، فإن المواد غير الحية تتكون من وحدات ، وتسمى كل وحدة بالذرة .

شيماء : الذرة ؟

مهندس : نعم يا شيماء ، فالذرة تمثل الوحدة التركيبية للكائن غير الحى.

أحمد : لقد عرفنا من قبل تركيب الخلية ، فمم تتركب الذرة ؟



المهندس : تتركب الذرة من نواة تحمل نوعين من الجسيمات إحداها يسمى بالبروتونات، وهى موجبة الشحنة ، والأخرى بالنيوترونات ، وهى لا شحنة لها ، ثم لنخرج خارج النواة ، لنرى تلك الجسيمات ، وهى تتحرك حول النواة .. إنها الإلكترونات ، ويتضح ذلك فى الشكل المقابل.

لكن أىٌّ مكونات الذرة مسئول عن توجيه الأنظمة غير الحياتية ؟

هل هو البروتون ؟ أم النيوترون ؟ أم الإلكترون ؟

ستتضح لنا الإجابة من خلال استعراضنا لكيفية تحديد نوع التفاعل الحادث بين ذرات العناصر ، وكيفية ترابط هذه الذرات.

شيماء : وهل التفاعلات الكيميائية أنواع يا سيدى ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فمن المنطقى ألا تتشابه التفاعلات الكيميائية .

أحمد : وكيف يتم ذلك ؟

المهندس : إذا حدث أثناء التفاعل الكيميائى فقد للإلكترونات ، فإن هذا التفاعل يكون تفاعل أكسدة ، حيث يحدث زيادة فى الشحنة الموجبة الموجودة على الذرة ، ومن أمثلة ذلك أكسدة أيون الحديدوز فى هيدروكسيد الحديد الثنائى إلى أيون الحديديك فى هيدروكسيد الحديد الثلاثى كما يلى :

$$Fe^{++} \longrightarrow Fe^{+++}$$

حيث : Fe^{++} يمثل أيون الحديدوز ، Fe^{+++} يمثل أيون الحديديك .... أى أن

$$Fe(OH)_2 \longrightarrow Fe(OH)_3$$

حيث $Fe(OH)_2$ يمثل هيدروكسيد الحديدوز ، بينما $Fe(OH)_3$ يمثل

هيدروكسيد الحديديك . يسمى هذا النوع من التفاعل بتفاعل الأكسدة، بينما إذا حدث العكس ، فإن التفاعل يسمى تفاعل اختزال ، حيث يحدث اكتساب للإلكترونات ، ومن ثمَّ تقل الشحنة الموجبة بالنسبة للشحنة السالبة ، ومن أمثلة ذلك اختزال أيون الحديديك فى هيدروكسيد الحديديك إلى أيون الحديدوز فى هيدروكسيد الحديدوز كما يلى :

$$Fe^{+++} \longrightarrow Fe^{++}$$

ويمكن التعبير عن ذلك بأسلوب آخر ، كما يلى :

$$Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe(OH)_2$$

قد يحدث تجمع لأكثر من عنصر معًا ليتكون فى النهاية معقد من هذه التراكب المعقدة ، والذى يسمى بالمتراكب ، ويتم تنظيم وضع هذا المتراكب بناءً على النظام الإلكترونى للذرات .. وهكذا .

٢- الثبات وعدم الثبات الكيميائي :

ويتابع **المهندس** حديثه عن هذه الجزئية قائلا : المقصود بثبات مركب ما أو عنصر ما اكتمال آخر مدار إلكترونى له بسعته الإلكترونية ، فإن كان كاملا فهو مستقر أى ثابت ، ومن ثم فهو لا يستطيع أن يفقد إلكترونا أو يكتسب إلكترونا .. لماذا ؟ لأنه مستقر ، وهو يشبه فى هذا الإنسان ، فهو عندما يكون ما لديه زائداً عن حاجته يمنحه لمن يحتاج إلى ذلك ، لكن عندما يكون هو فى حاجة إلى الغير ، فإنه يميل إلى أن يأخذ شيئا ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة له ، ويتضح من خلال عرضنا لثبات وعدم ثبات العنصر أنه يتوقف على ملكية هذا العنصر الظاهرة من الإلكترونات .

شيماء : ملكية ظاهرة !

المهندس : نعم يا شيماء ، فالملكية الظاهرة للعنصر تعنى عدد الإلكترونات الموجودة فى مداره الإلكترونى الأخير هل هو كامل (مشبع) أم غير كامل؟

ثم يتابع المهندس حديثه ساردًا بعض الأدلة التى تؤكد الحمل المعلوماتى للإلكترون.

٢. نوع الترابط الحادث بين المواد الكيميائية .

شيماء: كيف ؟

المهندس : تستلزم عملية تكوين المواد الكيميائية خلال التفاعلات الكيميائية الحادثة تكوين روابط بين هذه المواد، وبالدراسة اتضح أن جميع هذه الروابط تعتمد على عمليات الانتقال والمشاركة الإلكترونية ، ولكى نوضح ذلك لابد أن نتعرف على أنواع الروابط فى المركبات الكيميائية :

أ. الروابط التساهمية :

من اسم هذا النوع من الروابط يتضح أنَّ الترابط يحدث نتيجة مساهمة الأشياء الداخلة فى عملية الترابط بأشياء ما ، وهذه الأشياء هى الإلكترونات ، حيث تتكون من خلال عمليات المساهمة الإلكترونية تكوين روابط تساهمية بين ذرتين ، ولنبسط ذلك أكثر، سنعرض أنّ لدينا ذرتين من الهيدروجين ، كيف يمكن لهما أن يكونا جزئ هيدروجينى ؟

يحدث ذلك من خلال اتخاد ذرتى الهيدروجين من خلال تكوين روابط تساهمية بواسطة المساهمة الإلكترونية ، كما يتضح من الشكل التالى: $\dot{H} \times \dot{H}$

حيث تحتوى ذرة الهيدروجين على إلكترون واحد ، وعند المساهمة يحدث الالتقاء الهيدروجينى لكل شق ذرى هيدروجينى ، ومن ثمَّ يحدث تحوُّل من الفردية الإلكترونية إلى الزوجية الإلكترونية ، مما يئول فى النهاية إلى تكوين رابطة تساهمية ، أو يمكننا أن نسميه برابطة مشاركة بين ذرتى هيدروجين ، ونعبر عن ذلك كيميائيا كما يلى: $H\cdot \quad \cdot H \longrightarrow H—H$

ثم يتابع المهندس حديثه قائلا : إذن فهذا النوع من الترابط يعتمد على مدى المشاركة الإلكترونية ، وكل رابطة تعنى زوج إلكترونات (••) ، ومن ثم فالرابطة الثنائية تعنى مساهمة كل ذرة داخلة فى عملية المشاركة بإلكترونين ، مما يكون رابطتين بين الذرتين ، حيث كل رابطة عبارة عن ٢ إلكترون ، ومن ثمَّ فالإلكترونات الداخلة فى عملية المساهمة أو المشاركة تبلغ أربع إلكترونات (٤ إلكترونات).

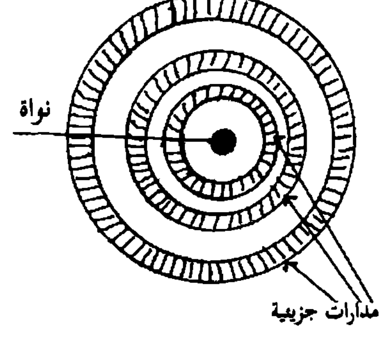
من الأمثلة على ذلك : $N \equiv N$ ، $C=O$

من خلال ذلك نلاحظ أن عملية الترابط التساهمى بين ذرتى النيتروجين مشاركة سداسية ، حيث تساهم كل ذرة بثلاث إلكترونات، مما يكون فى النهاية ثلاث روابط تساهمية . بينما فـى C= O تحدث مشاركة تساهمية من خلال ٢ إلكترون لكل ذرة لكى تتكون رابطتين تساهميتين.

أحمد : وهل تتشابه الروابط فى قوتها ؟

المهندس : فى بعض الحالات تختلف قوة الرابطة ، فبعض الروابط قوى ، ويوجد ذلك صعوبة فى كسرها ، والبعض الآخر ضعيف ، ويوجد سهولة فى عملية كسرها ، ويتضح ذلك من خلال تعرضنا للترابط بين ذرات الكربون ، فقد تكون الرابطة بين ذرتى الكربون أحادية ، ويرمز لها بالرمز C______C ، حيث (C) ذرة كربون ، ______ ترمز للرابطة الموجودة بين ذرتى الكربون ، وتعرف هذه الرابطة بالرابطة سيجما ويرمز لها بالرمز σ ، وقد تكون الرابطة ثنائية (C = C) ، ويكون إحدى الرابطتين بين ذرتى الكربون قوية جداً ، وتعرف بالرابطة (σ) ، وإحدى الرابطتين الأخريتين ضعيفة وتعرف بالرابطة باى ، ويرمز لها بالرمز (Π) ، وقد تكون الرابطة بين ذرتى الكربون ثلاثية ($C \equiv C$) ، ويكون إحدى هذه الروابط سيجما (σ) وهى رابطة قوية جدًا صعبة الكسر ، أما الرابطتان الأخريان فهما من النوع باى (Π) ، وهما ضعيفتان ، ومن ثمَّ تسهل عملية كسرهما بالمقارنة بالرابطة سيجما (σ) .

ثم يتابع **المهندس** حديثه قائلاً : تحدث عملية التكوين الترابطى بين ذرتى الكربون من خلال التقاء مدارات جزيئية محددة ، ولكى يتضح ذلك لابد من تحديد بعض المصطلحات أولاً :



-المدار الجزيئى (الأوربيتال) .

عبارة عن فلك ذرى له سعة إلكترونية محددة ، وهذا يجعلنا ننظر إلى النواة على أنها تشبه تلك الحفرة كبيرة العمق ، والمحاطة بالعديد من القنوات الى تختلف فى أعماقها واتساعها ، ويتضح ذلك من الشكل المقابل :

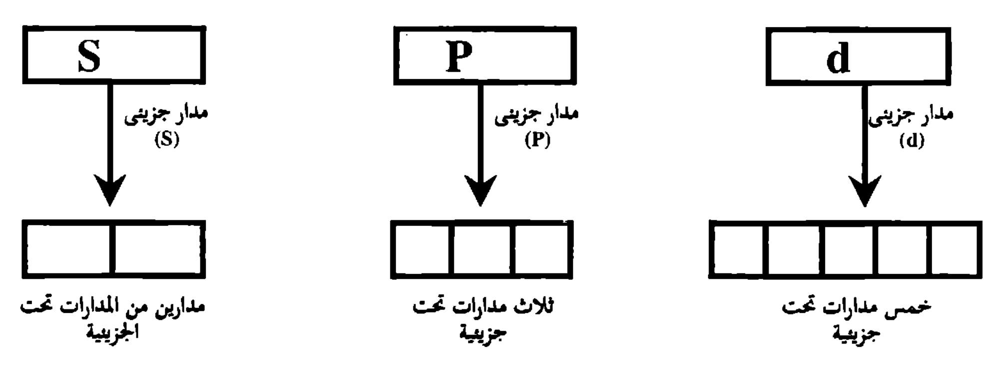
لكل مدار سعة محددة ، فالمدار **(S)** له سعة إلكترونية تتمثل فى إلكترونين ، والمدار **(P)** له سعة إلكترونية تتمثل فى ستة إلكترونات ، أما **(d)** فهو يمتلئ بعشرة إلكترونات ، أى أن سعته (١٠ إلكترونات) .

شيماء : لكن هل تتواجد الإلكترونات عشوائيا فى المدارات ؟

بمعنى أنَّ الإلكتـرون يتـواجـد فى أى مكان من المدار دون الارتكاز على أسس محددة يتم بناءً عليها توزيع الإلكترونات .

المهندس : اتضح من دراسـة تلك المدارات أنهـا تتكون من مدارات تحت جزيئية ، وكأن المدار الجزئى مقسم إلى وحدات أصغر تتمثل فى المدارات تحت الجزيئية ، ويمكننا تشبيه ذلك بقنوات فـرعيـة تكون فى مجملها القنوات الكبيرة المحيطة بمركز القنوات (النواة) كما فى الشكل المقابل :

لكل مدار جزيئى عدد محدد من المدارات تحت الجزيئية فالمدار (S) يحتوى على مدارين من المدارات تحت الجزيئـية ، والمدار **(P)** يحتـوى على ثلاثة مـدارات تحت جزيئية ، أما المدار **(d)** فيحتوى على خمسة مدارات تحت جزيئية ، كما يتضح من الشكل التالى :



أحمد : لكن كيف تمتلئ هذه المدارات إلكترونيا ؟

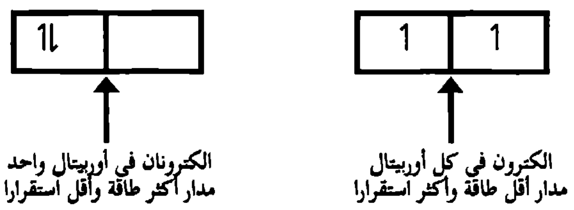
المهندس : لقد وضع العلماء من خلال العديد من الدراسات قواعد تنظم عملية الملء

الإلكترونى للمدارات تحت الجزيئية ، وتتمثل تلك القواعد فيما يلى :

- تملأ الأوربيتالات فرادى ثم تزدوج .

تلجأ الإلكترونات لذلك توفيراً للطاقة ، لأن قلة الكثافة الإلكترونية فى المدار تعنى قلة الطاقة الموجودة ، وهذا يجعل الإلكترون الموجود فى المدار أكثر استقرارا ، ومن ثم لا تحدث له إثارة إلى مدارات أخرى ، بهدف التخلص من الطاقة الزائدة على الحاجة للوصول إلى وضع الاستقرار المطلوب .

يتضح ذلك من خلال عرضنا لوجود إلكترونين فى الأوربيتال كما يتضح من الشكل التالى :

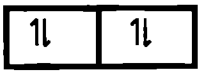


تحدث الإلكترونات الموجودة فى أوربيتال نوعًا من الإعاقة فى تعبير كل إلكترون عن نفسه ، لأنه لا يمتلك مجالاً رحباً يتحرك فيه بمفرده ، بل يزاحمه فى هذا المجال إلكترون آخر ، ومن ثم فدرجة تعبيره عن نفسه أقل مما لو كان هو فى هذا المجال بمفرده .

- تكون حركة الإلكترون فى الأوربيتال مضادة لحركة الإلكترون الآخر .

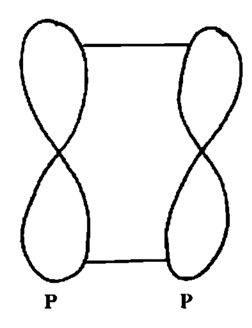
تحقق هذه القاعدة مبدأ الثبات فى وضع الإلكترون داخل الأوربيتالات ، حيث يكون لكل إلكترون متحرك مجال مغناطيسى له اتجاه محدد ، ولهذا المجال تأثير كبير فى وضع الاستقرار للإلكترون .

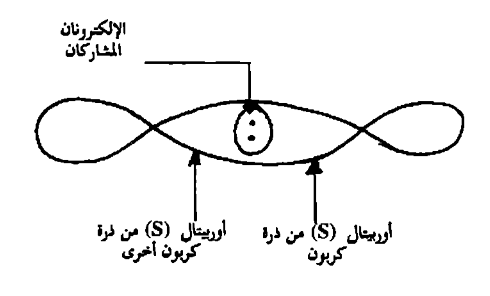
يصل المدار لوضع الاستقرار عندما يلاشى أحد المجالين الناشئ حول الإلكترون. المجال الآخر للإلكترون ، ويتحقق ذلك من خلال الحركة المعاكسة للإلكترونات بعضها البعض كما يلى :



تتكون الرابطة سيجما (σ) من خلال تقابل الاوربيتالات (S) بالرأس كما يلى :

بينما يتكون الرابطة باى (Π) بالتقاء الأوربيتالين(P) التقاء بالجنب كما يلى : (P) ، (P)





ثم يصمت **المهندس** وبعد برهة يتابع حديثه :

ب ـ الروابط الأيونية .

تحدث الرابطة الأيونية بين أيونين متضادين فى الشحنة ، حيث يحمل أحد هذين الأيونين شحنة موجبة ، ويحمل الآخر شحنة سالبة ، ومن الأمثلة على ذلك تكون كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) من اتحاد أيون الكلوريد السالب ، وأيون الصوديوم الموجب ، حيث يتكون كلوريد الصوديوم كما يلى :

$$Na^{+} + Cl^{-} \longrightarrow NaCl$$

حيث يرمز Na^{+} لأيون الصوديوم الذى يحمل شحنة موجبة ، ويرمز Cl^{-} لأيون الكلور السالب ، بينما يرمز **NaCl** لكلوريد الصوديوم .

أحمد : لكن كيف تتكون هذه الرابطة ؟

المهندس بدراسة عنصر الصوديوم (Na) سنلاحظ أنه يحتوى على أحد عشر إلكترونا (١١ إلكترونا) ، ويكون توزيعها الإلكترونى كالتالى :

$$1S^{2} \quad 2S^{2} \quad 2p^{6} \quad 3d^{1}$$

أى أنه من خلال المدارات التى ذكرناها سابقاً ، يمكننا القول بأنَّ :

المدار **S** (الأول) يحتوى على إلكترونين .

والمدار **S** (الثانى) يحتوى على إلكترونين.

أما المدار **P** يحتوى على ستة إلكترونات .

ويتواجد فى المدار (d) إلكترون واحد.

أى أن التوزيع الإلكترونى لهذا العنصر يجعل منه حاملا لإلكترون واحد فى مداره الأخير .

أما عنصر الكلور فهو يحتوى فى مداره الأخير على سبعة إلكترونات ، حيث يحتوى الكلور على سبعة عشر إلكترونا (١٧) إلكترونا ، ويكون توزيعها كالتالى:

$$1S^2 \quad 2S^2 \quad 2p^6 \quad 3d^7$$

أى أن المدار (s) الأول يحتوى على إلكترونين .

والمدار (s) الثانى يحتوى على إلكترونين .

والمدار (p) يحتوى على ستة إلكترونات .

والمدار (d) يحتوى على سبعة إلكترونات.

ومن ثم الكلور يحتوى فى مداره الأخير على سبعة إلكترونات .

شيماء : وماذا يحدث عند حدوث اتحاد بين الكلور والصوديوم ؟

المهندس : عند حدوث اتحاد بين أيون الكلور وأيون الصوديوم لكى يتكون ملح كلوريد الصوديوم ، فإنّ ذلك يكون من خلال فقد إلكترون ذرة الصوديوم لكى تكتسبه ذرة الكلور ، وتصل كل منهما لوضع الاستقرار ، حيث يكون بالمدار الأخير لذرة الصوديوم ثمانى إلكترونات ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة لذرة الصوديوم ، بينما تكتسب ذرة الإلكترون القادمة من ذرة الصوديوم ليصبح بالمدار الأخير لها ثمانية إلكترونات ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة لها .

يمثل الصوديوم أيونا موجبا فى ملح الصوديوم لأنه فقد إلكترونا، ومن ثمّ فقد تحمل بشحنة موجبة ، بينما يمثل الكلور أيونا سالبًا فى ملح الصوديوم لأنه اكتسب إلكترونا ، ليصبح مداره الأخير محتويا على ثمانى إلكترونات ، ويمثل ذلك وضع الاستقرار بالنسبة له .

٣- الرابطة الهيدروجينية :

تتواجد هذه الرابطة بين ذرة الهيدروجين والذرات الأكثر سالبية كهربية منها .

شيماء : وما الأمثلة على تلك الرابطة ؟

المهندس : من الأمثلة الواضحة للرابطة الهيدروجينية تكون هاليدات الهيدروجين ، ومنها فلوريد الهيدروجين **H.....F** ، وكلوريد الهيدروجين **H......Cl** .... إلخ ، وهى رابطة ضعيفة لكن بتجمع العديد من الروابط معا تصبح قوية .

تعتبر الرابطة الهيدروجينية أحد أنواع الترابط فى جزىء الدنا الوراثى ، حيث تترابط القواعد الأزوتية من خلال الروابط الهيدروجينية ، فى حالة الترابط الآزوتى (الأدنين ـ الثايمين) يتم الترابط من خلال رابطة هيدروجينية ثنائية كالتالى :

A ========== T

حيث ترمز ----- إلى الرابطة الهيدروجينية .

أما فى الترابط الآزوتى (الجوانين – السيتوزين) فإنّ الترابط يتم من خلال رابطة هيدروجينية ثلاثية كالتالى : **G ≡≡≡≡≡≡≡≡ C**

٤- الرابطة المعدنية :

تميز الرابطة المعدنية المعادن ، حيث تسبب التماسك الذرى القوى بين ذرات المعادن ، مما يجعل للمعدن خواص محددة مثل :

١ـ تماسك ومتانة المعدن .

٢ـ الصلابة المميزة للمعادن .

٣– صعوبة الكسر .

٤– الحاجة إلى قوة كبيرة لتحطيم هذه الروابط بين ذرات المعدن .

٥- رابطة فاندر فالز :

تعتبر رابطة فاندر فالز من الروابط الضعيفة فى المركبات الكيميائية ، وهى نوع من الترابط الإلكتروستاتيكى ، ويستلزم حدوثها وجود شحنات ذرية مشحونة.

شيماء : وهل تحتاج هذه الرابطة عند كسرها إلى قوة كبيرة ؟

المهندس : تحتاج رابطة فاندر فالز أو الرابطة الإلكتروستاتيكية بين الذرات إلى قوة ضعيفة

لتحطيم هذا النوع من الترابط ، ومن ثم نلاحظ من خلال ذلك وجود تفاوت فى قوة الترابط من رابطة إلى أخرى، فبعضها قوى الترابط ، ولذلك فهو يحتاج إلى قوة كبيرة لتحطيم هذا النوع من الترابط ، وبعضها متوسط التماسك (قوة الترابط متوسطة) ، ومن ثمَّ فهى تحتاج إلى قوة متوسطة فى فك هذا الارتباط ، والبعض الآخر ضعيف الترابط ، ويحتاج لقوة ضعيفة فى تحطيم هذا النوع من الترابط .

أحمد : إذن يتضح من خلال ذلك أن الإلكترون هو الأساس فى إتمام حدوث التفاعل الكيميائى ، وتحديد نوعية هذه التفاعل ، ونوع الترابط الموجود بين العناصر الكيميائية .

شيماء : وماذا يُقصد بهذا ؟

المهندس : أن الإلكترون هو الموجه لكل ما يخص الكائن غير الحى من عمليات ، سواء كانت تفاعلات كيميائية أو ترابطا ، أو أى أشياء أخرى .

أحمد : لقد أنسانا الإلكترون ويلموت ، فلنعد إليه ، لنكمل باقى ما اتصف به من سمات شخصية أهلته لكى يحقق إنجازه الرائد (الاستنساخ الحيوى من خلايا ناضجة) .

المهندس : لا يا أحمد ، فما ذكرته من علاقات كيميائية وثيق الصلة بالنظرة المستقبلية للجين ، فقد أصبح اليوم ثابتاً أن الجين هو الموجه لكل التفاعلات الحيوية التى تتم داخل الخلايا الحية ، كما أن ثمة علاقة وثيقة بين الإلكترون والجين تتمثل فى استخدام العديد من الأجهزة الإلكترونية فى مجال الجينات ، ولا ننسى أن شريط الدنا الوراثى أساس تركيبه قاعدة آزوتية + سكر خماسى + مجموعة فوسفات ، وكل مكون منهم يترابط من خلال الإلكترونات ، فالإلكترونات سابحة عبر شريط الدنا الوراثى، ومن ثم فكان لابد من إطلالة على الإلكترون ، حتى نستوعب الثورة العلمية القادمة ذات المزيج المشترك بين الإلكترون والجين .

ثم يتابع **المهندس** حديث قائلا :

لنعد إلى ويلموت ، فمن السمات الشخصية له قدرته على التحمل ، والتى ظهرت فى العدد الكبير من التجارب التى أجراها، والتى بلغت مائتين وسبع وسبعين تجربة لم

تنجح منها إلا تجربة واحدة ، وهذا يوضح مدى الصبر الذى يتحلى به ويلموت ، والذى أهله لتحقيق هذا الإنجاز ... لقد قال البروفيسور رونالد ديرشكه الأستاذ «جامعة وسكنسن» :

إن رجلا حمل من الصبر ما حمله ويلموت لهو جدير بتقدير العالم أجمع.

كانت ملامح ويلموت ولاتزال تنم عن مدى الصبر التى تحتويه هذه الشخصية ، ذلك الرجل القصير ذو اللحية الكثيفة منحسر شعر الرأس ، كثير الصمت قليل الكلام، قال عنه زميله :

«كان ويلموت يفكر مائة مرة ويتكلم مرة واحدة».

لذا استطاع أن ينجز وأن يحقق شيئا له قدره فى تاريخ العلم والعلماء .

شيماء : لابد أن ويلموت كان يتوقع بعضاً من تجارب أبحاثه ؟

المهندس : أنا لم أنكر هذا ، بل أؤكده ، فقد كان ويلموت من ذوى القدرة على التوقع بخط الأحداث قبل أن تقع ، ومما توقعه ما يلى :

١- نجاح التجربة فى النهاية .

٢ـ إمكانية دوللى على التكاثر والإنجاب.

٣ـ تسارع العمليات الحيوية داخل خلايا النعجة المستنسخة.

ففى إحدى الأحاديث الإذاعية قال رفيق ويلموت :

«ربما استطعنا أن نستنسخ نعجة من ضرع نعجة ، لكن لا نستطيع أن نؤخر شيخوختها المبكرة» .

وذلك يؤكد على أن دوللى نعجة شابة تحمل فى داخلها كهولة أيما كهولة ، فعند ولادتها كان عمرها الظاهرى صفراً ، والحقيقى ست سنوات ، لأنها أخذت من ضرع خلية لغدة لبنية (ضرع) لنعجة عمرها ست سنوات .

أحمد : لابد أن ويلموت قد تميز بالقدرة الشديدة على الكتمان .

المهندس : نعم يا أحمد ، فان ويلموت يتميز بالقدرة على التحكم فى حديثه مع الآخرين ، وقد ساعده ذلك على تحقيق الكتمان المطلوب للتجربة ، حيث اعتكف

فى معمله بمعهد روزلين بأدنبرة باسكتلندا قافلا بابه ، غير آبه بتلك الضجة العالمية التى أثيرت حول هذا الموضوع ، وإصرار الصحفيين والمصورين على تغطية الخبر مهما كلفهم ذلك . ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا :

لقد كان ويلموت يتميز بالقدرة على تحديد مساره بدقة ووضوح وعدم وجود أى لبس فى ذلك ، فهو لم يبد لأية جريدة أو مجلة كلمة واحدة عن تجربته ، لكنه لم يفعل ذلك مع الجميع ، بل استثنى من هذه المجلات أشهرها وأصدقها فى نقل الكلمة العلمية ، حيث لا إفراط أو تفريط ، والتى نعنى بها مجلة "Nature" العالمية، والتى لا تنشر إلا بعد دراية كبيرة لهذا الموضوع ، إيجابياته وسلبياته .

أحمد : وماذا أيضا ؟

المهندس : وقد بدا عليه ابتسامة خفيفة قائلا لأحمد ، وهو يهز رأسه : نعم ... وماذا أيضا ؟

أحمد : فى عجالة ، وهو ينظر بدقة إلى وجه المهندس قائلا له : أضجرت من كلامى يا سيدى ؟

المهندس : لا يا أحمد ، لا تظن ذلك ، فإننى سعيد أيما سعادة إذ تسألنى وأجيبك ، لا.. لا يا أحمد ، لا تجعلنى أغضب من كلامك ذلك!

أحمد ": لا تغضب منى يا سيدى ، فأنا قد حللت ما بدا على وجهك من فكر عميق ، كما أن تحليلى لهزات رأسك قد أوحى إلى بشىء ما.

شيماء ": وهى تضحك قائلة لأحمد : حللت .. ماذا ، حللت يا أحمد ؟ يبدو أنك قد أصبحت كصاحبنا ويلموت أعنى العالم د : ويلموت الذى حلل وحلل ، حتى أحدث بتجربته ثورة علمية عارمة فى تاريخ البشر .

المهندس : إنّ ما قصدت به من حديثك للدكتور أحمد .. أعنى الدكتور ويلموت لحق يا شيماء .

أحمد : ماذا ؟ ولماذا سحبت الدكتوراه منى بمجرد أن قلتيها ، أهو ندم أم أنى لا أستحقها ، سوف ترى إن شاء الله يا سيدى ، سأجتهد وأجتهد حتى تراننى يومًا ما فى مثل مستوى ويلموت أو أكثر.

المهندس : يا أحمد لا تفهمنى خطأ ، فأنا دومًا أحب مداعبتك ، وأتمنى أن تكون أنت وشيماء فى المستقبل فى أفضل المواقع العلمية.

شيماء : أكمل لنا حديثك إذن يا سيدى.

المهندس : لقد كان الدكتور ويلموت يمتلك قدرة على التحليل كبيرة للغاية ، كان منذ طفولته لا يتعامل مع المواقف كغيره من الناس ، بل كان يفكر فى كل ما يقابله من مواقف بتأمل شديد ، وكأن الموقف إما عبارة عن مادة يحللها ليستنتج منها ما يريد . قال عنه أكثر من زميل له فى العمل وفى خارج العمل :

«إن ويلموت يضحك وهو يفكر ويفكر وهو يضحك » ذكر أحد رفقائه فى طفولته، أن ويلموت كان يمشى ، وهو يتأمل الكون ، كان مغرمًا بالطبيعة، إذا أمسك بالكرة الأرضية المصنوعة من المعدن أو رأى شكل الكرة الأرضية فى إحدى أوراق المراجع يقول : «كرة ... تبدو لمن يراها على بعد كالخلية»

كان إذا أخبر من أحد أصدقائه برأى فى أمر ما يسأل :

من قال ذلك ؟

ولماذا قال ؟

ومتى قال ؟

وما ظروفه النفسية حينما قال ذلك ؟

وهل كان معه أحد ؟

وبأى أسلوب تحدث ؟

هل كان هادئا أم ثائراً فى كلامه ؟

وماذا فعل بعدما قال ؟

هل تراجع فى قوله ؟

أم أصر عليه ؟

وإذا سُئل عن بعض من يتضرم بذلك من أصدقائه يقول لهم : «إن تحليلنا الصحيح لكل ظاهرة يخفض مستوى الخطأ من ناحيتنا إلى أقل ما يمكن» .

شيماء: ولما اختار تعبير تحليلنا الصحيح ، ولم يختر تعبير تحليلنا الكامل ؟

المهندس: وهو يبتسم قائلا لها : يا عزيزتى شيماء الشيء الكامل هو الشيء الذى لا يعتريه نقص ، ولايتعرض لأى اختلال ، لكن الشيء الصحيح هو الشيء الذى يسمو عن الخطأ ، لكنه عرضة للوقوع فيه ، ومن ثم فهو أنسب ، لأننا نتحدث عن مخلوق ، أما الكمال فلا ينبغى للمخلوق ، لأنه صفة فريدة للخالق سبحانه ، لذا كان تعبير ويلموت دقيقاً تماماً فى موضعه .

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا : كان ويلموت يمتلك القدرة على اقتراح الأشياء، والجرأة على تنفيذ ما يقول ، لذلك استطاع أن يقترح مع فريقه العلمى التقنيات المحتملة لتنفيذ تجربة الاستنساخ الحيوى ، وقد ساعدته جرأته على التنفيذ على تقليل المعدل الزمنى لإنجاز التجربة ، فكثيراً ما كان التردد سببا فى فشل تجارب عديدة أو تأخير إنجازها .

شيماء: إننى أرى أن إنجاز شيء يحتاج إلى رفيق ، حتى يعين الإنسان ، يعاونه ، يستشيره ، ولابد أن يكون هذا الصديق عالمًا بالشيء ، صادقاً فى قوله ، مخلصاً فى عمله ، أمينا فى مشورته .. فمن كان رفيق ويلموت فى تجربته ؟

المهندس: كان رفيق ويلموت فى تجربته تلك هو رفيقه كيث كامبل ، والذى كانت صفاته قريبة إلى حد ما من صفات ويلموت ، لذا كان تعاونهما معا تعاونا مثمرا ، لم يكن أى منهما يميل إلى الشهرة بحثًا عن ضجة إعلامية تحيط به ، كان كل منهما يعمل فى صمت .. لم يكونا مشهورين وسط علماء البيولوجيا ، وبخاصة التكاثر الحيوانى ، وعلى الرغم من حبهما للشهرة ، إلا أن إخلاصهما فى عملهما قد جعل الشهرة تبحث عنهما ، لا هما يبحثان عنها ، حيث حاصرتهما موجة إعلامية هائلة ، وأصبح الحصول عليهما أو على أحدهما من أيٍ من الصحفيين كنزاً كبيراً ومكسباً هائلا لهذا الصحفى .

أحمد: ليتك يا سيدى تصف لنا معهد روزلين ذلك .

المهندس: ولِمَ يا أحمد ؟

أحمد: لأنه يمثل من وجهة نظرى الآن متحفا علمياً له قيمته ، ولابد أن يكون إحدى

المزارات المهمة ليس فى أدنبرة وحدها ، لكن فى اسكتلندا وأوربا بكاملها .

المهندس : إن ما تقوله يا أحمد هو عين الصواب ، واعتقد أن معهد روزلين منذ ١٩٩٧م حتى الآن يختلف تماماً عن معهد روزلين ما قبل ١٩٩٧م ، من معهد مغمور إلى معهد أصبح على قمة المعاهد العاملة فى مجال أبحاث التكاثر .

شيماء : يمكن أن أصف لك المعهد يا أحمد !

أحمد وهو ينظر إليها باقتضاب وهو يقول لها :

كيف ... كيف يا ... يا دكتوره شيماء ؟

شيماء : أتسخر منى يا أحمد ؟

أحمد : لا ، لكنك لم تزورى المعهد ، ولم يسبق لك رؤيته ، فكيف تستطيعين وصفه ؟

شيماء : من خلال استشفافى لما قيل من معلومات يا ... يا دكتور أحمد !

أحمد : فى تحد إذن صفى لى المكان ، وسيحكم المهندس بصواب أو خطأ ما ستقولينه.

شيماء : وقد بدا عليها أنها قبلت التحدى وهى تقول :

هو مكان متواضع ، ذو جدران قديمة ، لابد أن به مزرعة للأغنام ، العاملون فيه قليلون ، ولا يرتاده مشاهير العلماء ، بل يمكن القول بأنه موطن المغمورين من علماء التكاثر فى أوربا ، أو من غير طالبى الشهرة ، لكن من يريد الشهرة ويبحث عنها ، فعليه بالبحث عن مركز أبحاث غير هذا المعهد الذى أجزم بأنه لم يكن معروفاً لصحفى ، إن لم يقم تقريباً منه ، وربما كان ذلك ولا يعرفه .

المهندس : وهو ينظر إليها بإعجاب وهو يقول :

ما هذا ، ما هذا يا شيماء ، بل يا دكتوره شيماء ، فأنت تستحقين هذه الكلمة .

أحمد : وقد وقف مذهولا : هل ما قالته شيماء صحيح ؟

المهندس : إن ما وصفته شيماء من وصف للمعهد ينطبق عليه تماماً ، وكأنها تصفه وهى تراه ، إنها ملكة القدرة على تكوين تصور لأمر ما من خلال استشفاف الحقائق المتعلقة بهذا الأمر .

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا : فى هذا المعهد الواقع فى مدينة أدنبرة باسكتلندا ،

على طريق متواضع ، والذى كان محطة للأبحاث الزراعية من قبل ، كان ويلموت وزميله كيث كامبل يعملان فى صمت ، داخل تلك الجدران القديمة التى يتكون منها المعهد ، كان عشقهما للأجنة كبيرًا ، بل مفرطًا ، ويمكننا القول بأنه قد وصل بهما إلى حافة الإدمان ، إدمان الأجنة ، وهو فى الحقيقة أمر يدعو إلى الإدمان ، بل والإدمان المفرط فيه ... إنها قمة لحظات التأمل ، التفكر والتدبر ، أن تلاحظ الحياة منذ أن تبدأ ، من خلية جنينية واحدة ، ها هى أمامكم انظر كيف تنقسم لتعطى خليتين ، فأربع ، فثمان ، فست عشرة ... حتى تكون الكائن الحى كاملا . ما هذا الإعجاز، وهذا الإبداع !!

شيماء : وأين هى تلك التى تقول ها هى أمامكم ؟

أحمد : وهو يضحك ويقول : الواضح أنه وصل لمرحلة الإدمان بخياله ، فما باله لو رأى!

المهندس : وقد ضمهما إليه وهو يقول :

عزيزىّ إن للعلم لرونقًا لا يعرفه إلا أهله من خلاله يمكنك أن تسبح فى هذا الكون الفسيح المتمدين الممتد ، قد تسبح فيه كله ، وقد تسبح فى جزئية من جزئياته، تسبح فى عوالم اللاحياة لترى الإلكترون وهو يتحرك ، يوجه الأنظمة ، يبث الطاقة ، تسبح فى عوالم الحياة ، لترى هذه الحياة فى أدق تفاصيلها ، فيما تحمله من جينات تشفر لمختلف ما يحدث بداخلنا من عمليات حيوية وسلوكية .. وغير ذلك الكثير، نضحك ، نبكى ، نكتئب ، نمرح ، نحزن . نتكلم بصوت عالٍ أو بصوت خفيض ، نثور لأقل شىء ، أو نكون هادئين حتى عند الكوارث .. كل ذلك ينبع من داخل ذاتنا ، أعنى من حياتنا.

ما أسعد اللحظات التى نعيشها ونحن نتابع أحداثًا تتعلق بخط سير الحياة من خلية واحدة لتصبح كتلة من الخلايا ، ثم أعضاء فكائن حى كامل . لقد كان ويلموت وكامبل محقين إذ عشقا هذه الأجنة ، عشقا نموها ، تحولها من مرحلة لمرحلة أخرى، حيث ظهر ذلك جليا فى قول ويلموت :

«كنت أحس بذاتى ، بل بالذات الحية فى تلك الخلية الوحيدة، والتى ستتحول إلى كائن كامل إن شاء لها القدر ذلك »

ونفس المعنى نلاحظه فى قول كامبل :

«إننى أقف منبهراً أمام هذا الإبداع غير العادى ، أقف مع نفسى أمام محراب الخلية الجنينية الوحيدة ، أتأملها ، أسبح بخيالى مع مستقبلها ، وكأنَّ نفسى تسائلنى : هل ستنتج هذه الخلية كائنا قوياً ؟ أم كائنا مريضا ؟ أم أن القدر شاء لها بألا يكتمل نموها ؟»

لقد كان للاتجاه المشترك بين ويلموت وكامبل أثراً أى أثر فى رحلتهما العلمية داخل معهد روزلين .

كانت زوجة الدكتور ويلموت تشجعه على البحث العلمى ، فلم تشغل فكره بأشياء خارج نطاق البحث العلمى ، مما ساعد على انشغاله الفكرى التام بأبحاث الأجنة وتجاربها التى عشقها ، أما زوجة الدكتور كامبل فقد كانت أقلَّ منها تحملا ، لدرجة أنها كانت ترفض أن يبيت كامبل خارج المنزل ، مما كان أحيانا يشعره بالتبرم والضيق نتيجة لسلوك زوجته ، والتى كانت تقول دائما : «**لو كان البحث العلمى رجلا لقتلته**» معبرة عن ذلك بغيرتها على زوجها من قضائه لمعظم وقته فى رحاب معمله

استطرد المهندس حديثه قائلا : لقد انخفض الحافز التشجيعى للعديد من العلماء والباحثين فى أواخر الثمانينيات وأوائل التسعينيات للمضى فى تجاربهم الخاصة بالاستنساخ ، مما جعل معظم الباحثين ينصرفون عن هذه التجارب إلى تجارب غيرها.

ساعد ذلك ويلموت وكامبل على تطوير تجاربهما وتحديثها وإضافة الجديد إليها ، وهما فى صمت شديد ، بعيدين عن الأضواء والإعلام ، كان مبدؤهما الذى ارتكزا عليه هو : «**الكتمان طريقٌ لإنجاز كل عمل جاد**» .

أحمد : ولما كان حرص ويلموت وكامبل على الكتمان ؟

المهندس : لأنه لابد من التأكد من نجاح التجارب الأولية الخاصة بموضوع البحث ، والتجارب النهائية ، وحتى تتاح الفرصة الكاملة لتسجيل هذه الأبحاث فى هيئات تسجيل الأبحاث والابتكار والاختراع ، مما يحفظ حق الشركة الممولة لتنفيذ التقنية فى احتكار استخدامها بعد ذلك .

شيماء : وما الشركة التى مولّت أبحاث ويلموت وكامبل ؟

المهندس : الشركة هى شركتك (ب ـ ب ـ ل) (P. P. L) الطبية ذات المسئولية المحدودة، والتى كانت تهدف إلى تحرير الأطقم الوراثية للماشية لإنتاج مواد دوائية مادة (ألفا -١ - أنتى تربسين) الذى يستخدم فى علاج التليف الكيسى ، وقد كان مجلس إدارة الشركة قنوعًا بهذا المستوى ، عازفًا عن الدخول فى أى مغامرة علمية غير مضمونة ، وقد شكّل ذلك صعوبة كبيرة لويلموت فى إقناع مجلس الإدارة لشركة (P. P . L) فى تمويل أبحاث الاستنساخ الحيوى .

كانت وجهة نظر ويلموت أن عمليات التطعيم الدناوى مكلفة ومكررة ، ولم تعد تحقق الطموحات الاقتصادية لشركة (P. P . L) ، كما أن عمليات كلونة كائن حى كامل سيجعل هذه الشركة تمتلك العديد والعديد من مصنع الأدوية الممثلة فى الكائنات الحية المكلونة . كان السؤال الذى وجهه مجلس إدارة شركة (P. P . L) لويلموت عندما عرضت عليهم ورقته الخاصة بتمويل أبحاثه حول الاستنساخ الحيوى: ما هى الضمانات التى تؤكد نجاح التجربة ؟

وكأنهم بهذا السؤال كانوا يقولون له : «إن كثيرين قبلك حاولوا ولكنهم فشلوا» لذلك طلبوا منه إيضاحًا أكثر حول مشروعه ، لإعداد دراسة جدوى اقتصادية من قبل الشركة وذلك لاتخاذ قرار بالموافقة على التمويل أو الامتناع عنه .

لقد مرت أيام الانتظار كما أسماها ويلموت صعبة للغاية حيث إن رفض الشركة للتمويل كان يعنى إصابة ويلموت بأزمة نفسية ، لكنه قد بذل ما فى وسعه ، وقد ذيّل ورقته التى قدّمها للشركة بقوله :

«أتمنى ألا يموت الوليد لحظة الميلاد ».

لكنه مع ذلك كان ذا إصرار عجيب وطموح كبير فى أنه سيحصل على التمويل المطلوب من شركة (P. P . L) أو غيرها ، وقد ظهر ذلك عندما سأله كامبل :

«ماذا ستفعل إذا رفضت الشركة التمويل»؟!

وهو يعنى بذلك شركة (P. P . L) ، فأجاب ويلموت على ذلك بقوله :

«عندئذ ستعرف كلمتى» .

لكن ويلموت استبقى هذه الكلمة فى نفسه ، ولم يبح بها لأحد ، لأن الشركة

ِ فقت على التمويل ، وبدأ ويلموت وكامبل مشوارهما الصعب لإنجاز ما وعدا به
ِشركة .

حمد : لكن لماذا ترددت الشركة فى منح التمويل اللازم لكل من ويلموت وكامبل ؟

المهندس : يعتمد مجلس إدارة أى شركة تعمل فى اقتصاديات البحث العلمى والتكنولوجيا على دراسة جميع ما يتعلق بالتجربة من ظروف تشمل ماضى التجربة وحاضرها ومستقبلها .

شيماء : وهى متعجبة : ماضيها وحاضرها ومستقبلها ؟!

المهندس : نعم يا شيماء ، فدراسة ماضى التجربة العلمية يوضح لنا من عمل فى نفس موضع الدراسة ، وهل فشل أم نجح ؟ وإن كان فشل فلماذا ؟ وما هى أسباب فشله؟ وهل يمكن تلافى هذه الأسباب أم لا ؟كما يشتمل على دراسة الوقت الذى كان مخصصا لإنجاز التجربة ، وهل كان كافيا أم لا ؟ وهل إذا أمكن إطالته يمكن للتجربة أن تنجح أم لا ؟ وهل التمويل الخاص بالتجربة كان كافيا أم لا ، وما حجم التمويل الذى كان مرصوداً لها .

هل قابل الطاقم البحثى القائم على تنفيذ التجربة عوائق منعتهم من إكمال إنجاز مشروعه البحثى، وما هى هذه العوائق ؟ وهل يمكن التغلب عليها أم لا ؟

يهم الشركة من ماضى التجربة العلمية معرفة كيفية إدارة هذه التجربة ، ومن المسئول عن القرارات المصيرية فى مسار التجربة ... ما اتجاهاته ، مذهبه ، فكره ، معتقداته ، مدى تحمسه للتجربة ، علاقته بأفراد الطاقم البحثى فرداً فرداً ، هل كان يوجد خلاف بينه وبين أحد أفراد الطاقم البحثى ، وما هو نوع هذا الخلاف ، وما جذوره ، ومن كان السبب فيه ، وما مظاهره ومستواه ؟

هل كانت إدارة التجربة وطاقمها البحثى ملتزمين بأدوارهم أم كانوا متسيبين ؟ وما هى أسباب عدم الانضباط تلك ؟ ومن كان سببًا فيها ؟ هل هو إهمال الإدارة ؟ أم قلة الأجور الممنوحة لأفراد الطاقم البحثى ؟ أم لانعدام الحوافز الخاصة بتشجيع الطاقم البحثى؟

وهل يفيد ذلك فى تعديل نظام المرتبات والحوافز بما يحقق الإنجاز المأمول ؟

أحمد : ذلك ما يهم الشركة من ماضى التجربة ، لكن ما الذى يهمها من حاضرها ؟

المهندس : إن حاضر التجربة مهم جداً للغاية للشركة الممولة ، حيث تحرص الشركة على معرفة مدى طموح الفريق البحثى الجديد ، ومم يتكون ، ومن رئيسه ؟ وما عدد أفراده ؟ وما التاريخ العلمى لكل واحد ؟ وما الخطة العامة للفريق البحثى ، وأهدافه الواضحة ، ومدى الثقة فى الفريق ، واستعداده للإنجاز ؟

أحمد : لقد حان دور المستقبل ففيم يهم المستقبل الشركة ؟

المهندس : إن المستقبل مهم جداً لتقييم التجربة من قبل الشركة ، أعنى مستقبل التجربة العلمية .

شيماء : وما الذى يهمها من هذه الشركة ؟

المهندس : لابد أن تعرف الشركة من مستقبل التجربة العلمية : الهدف الأساسى من التجربة . من ستهمهم التجربة .

الخط الواضح للاستغلال المستقبلى لنتائج التجربة .

أحمد : إذن ما دامت شركة (P. P . L) قد وافقت على تمويل ويلموت وكامبل ، فلابد أن ويلموت قد أجاب فى ورقته عن كل الأسئلة التى تهم الشركة ؟

المهندس : هذا ما حدث بالفعل ، فقد تضمنت ورقة ويلموت الموجهة إلى شركة (P. P . L) إجابات محددة على ما يهم الشركة من استفسارات .

شيماء : وما الذى ساعد ويلموت على أن يبحر كثيراً عبر الزمن ليتنبأ بمصير تجربة التزم أمام الشركة بإنجازها ؟

المهندس : نعم يا شيماء ، فقد استطاع ويلموت أن يبحر كثيرا عبر الزمن ، أن يسافر كثيرا نحو المستقبل حاملا فى نفسه إصراراً كبيراً ، عزيمة قوية ، إرادة كبيرة ، عشقاً للعمل ، قدرة على التحدى قلّ مشابهتها .

أحمد : وكأنه كان بحاراً حقيقيا يا سيدى ..

المهندس : لقد تمنى ويلموت ذلك فى صباه ، عندما كان عمره عشر سنوات ، لكن إصابته بعمى الألوان قد جعلته يصرف نظراً عن هذه الفكرة إلى فكرة ممارسته لمهنة الفلاحة ، ولكى يحقق هذا الحلم ، التحق بكلية الزراعة ، وعمل فى بعض المزارع

من خلال الإجازات والعطلة الأسبوعية ، لكنه لم يتقن الفلاحة ، فقد كانت شاقة وصعبة تحتاج لمجهود كبير .. أى مجهود عضلى ، لكن ويلموت كان متوقد الذهن ذا فكر واسع ، وكانت ممارسته للزراعة لن تتيح لهذا الفكر أن ينطلق ، لذا اتجه إلى البحث العلمى كى يعبر من خلاله عن مواهبه .

أحمد: الواضح أنه أبحر كثيرا عبر الزمن ، وكان فى كل مرة يعدل من مساره وفقًا لفكره .

شيماء: لكن كيف التقى كامبل بويلموت ؟

المهندس: وهو يهز رأسه: كامبل ذلك الرفيق المخلص المعين، والذى كان نعم العون لويلموت ، وساعده الأيمن، وصفيه فى عشق الأجنة.

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلا :

لقد شب كيث هنرى كامبل فى مدينة برمنجهام الصناعية ، وأصبح بعد ذلك إخصائيا طبيا ، عمل فى مجال مختبرات البكتيريا والفيروس واستخدام الأمصال فى ذلك ، لكن هذا العمل لم يعجبه ، فقد كان عملا تقليديا على حد تعبيره ، لذا ترك هذا العمل ليلتحق بجامعة لندن ، وقد حصل منها على درجة البكالوريوس فى علم دراسة البكتيريا «البكتيريولوجى» .

سافر بعد ذلك كامبل إلى اليمن ، حيث عمل فى إحدى معامل الأمراض (الباثولوجى) ، لكنه كعادته ضجر من العمل بعد فترة ، حيث لا جديد .

عمل مؤقتًا فى مقاومة مرض يعرف بالدردار الهندى ، ثم عاد إلى الجامعة دارسًا بها كطالب دكتوراه ، وأثناء دراسته كان يعمل مساعد باحث لكى يستطيع أن ينفق على نفسه .

كان عمله مركزًا على دراسة دورة الخلية فى الضفادع ، كانت أفكار عديدة تدور برأس كامبل أثناء دراسته لعمل دورة الخلية فى الضفادع :

كان معجبا بجون جوردن وأفكاره حول عمليات الكلونة(*) بضفدعة .

كانت عملية الكلونة تسيطر بشكل جاد على فكره ، كان لعشقه للعمل أثر أى أثر

(*) الكلونة تعنى الاستنساخ الحيوى Cloning ، وهو صناعة نسخة طبق الأصل من الشىء .

فى إنجاز تجاربه ، ركز فى تجاربه بما يمكننا أن نسميه بالخداع الحيوى ، وهو خداع المادة الحية من خلال عمليات الإيلاج الچينى ، حيث أدخل دنا بشريا داخل دنا نواة خلية ضفدعة ، فوجد أن نواة خلية الضفدعة قد حولت البروتين المغلق للدنا البشرى إلى بروتين دناوى للضفدعة .... لكن كامبل كان يريد فى هذه الفترة أن يطور أبحاثه، لكن التمويل قد وقف حائلاً دون ذلك ، فقد كانت التجارب على الثدييات مكلفة، وتحتاج إلى مبالغ كبيرة للحصول على هذه الحيوانات وإجراء عمليات الكلونة عليها ، بينما فى حفنة الضفادع التى يشتريها كامبل غنىً عن المصاعب والعوائق الموجودة فى كلونة الثدييات .

لكن عشق كامبل للكلونة قد جعله يضيق ذرعاً حتى بنفسه .

سجل هو ذلك بقوله :

كانت كلونة الضفادع هى رضىً بالواقع ، لكن علم الثدييات كان يتجاذبنى ، كان حلمى ، طموحى ، كنت أحلم باليوم الذى أكلون فيه كائناً حياً .

فى ذلك الوقت الذى كان كامبل قد ملَّ فيه كلونة الضفادع، واتته فرصة عمره ، تلك الفرصة التى كان يحلم بها كثيرًا ، حيث طلب معهد روزلين باحثًا ذا خبرة فى دورات انقسام الخلايا ، فسارع كامبل بتقديم طلبه ، ممنياً نفسه بقبوله ، لكنه كان خائفًا فى الوقت نفسه من عدم قبول الطلب ، إلاَّ أن وضاعة معهد روزلين بين المعاهد البحثية قد جعله فى ثقة إلى حد ما ، فهو معهد مغمور ، ولن يذهب إليه أحد من المشاهير .

لقد قبل طلب كامبل ، وعين خبيراً فى عمليات انقسام الخلية بمعهد روزلين ، حيث عمل مع آيان ويلموت على كلونة الماشية ثم تحول بعد ذلك إلى كلونة الأغنام.

عملا معاً كثيراً على كلونة الخلايا الجنينية ، وكانت فكرتهما تعتمد على قبول البويضة المفرغة نوويا لدنًا جديد ، وبعد تجارب عديدة تأكد لهما أن البويضة يمكن لها أن تستوعب أى دنا ، حتى ولو من نواة خلية جسمية مادامت تضاف فى طور السكون للبويضة .

منذ تلك اللحظة بدأت الرحلة الشاقة لويلموت وكامبل ، حيث كان أمامهما أحد أمرين : إما قبول التحدى والإصرار على النجاح أو التسليم والرضا بالفشل .

شيماء : وكيف تمت تقنية الاستنساخ الحيوى ؟

المهندس : لقد سبق أن أوضحت لكما يا عزيزىّ أنّ جينوم الخلية الجنينية يتسم بالتوجيه العام ، فهو غير متخصص ، ومن ثم فهو يوجه جميع الأعضاء والوظائف ، وهذا مناسب تماماً لهذه المرحلة المبكرة من حياة الجنين ، والتى نقصد بها مرحلة الخلية الجنينية الواحدة ، حيث يحمل جينوم هذه الخلية المعلومات الوراثية اللازمة للتوجيه الكامل للخلية الجنينية ، لكن الخلية الجسمية تتسم بالتخصص ، حيث يكون فى حالة النشاط الچينى ما يقرب من ١٠ ٪ من چينات فهى كامنة، حيث لا حاجة إليها.

تختلف الچينات النشطة والموجهة لوضع التخصص فى الخلية الجسمية الناضجة من خلية لأخرى ، وهذا يفسر لماذا تكون هذه الخلية خلية قلب ، وتلك خلية كبد ، وتلك خلية بنكرياس ؟ حيث لكل وظيفتها ، وتركيبها الخاص بها ، فالخلية العصبية تختلف عن الخلية العضلية ، تختلف عن الخلايا الأخرى ، وهكذا .

أحمد : إذن ما فعله ويلموت هو كسر لقوانين الطبيعية ؟

المهندس : إننى اختلف معك فى ذلك يا أحمد ، فويلموت لم يكن من أنصار التمرد على القوانين التى أوجدها الله لتسيير نظام الكون ، ولكى أوضح لك مذهب ويلموت فى ذلك ، لابد أن أبسط لك أولاً ماهية كسر قوانين الطبيعة .

ثم يتابع **المهندس** حديثه قائلاً :

لو فرضنا أن لدينا شقة سكنية مقفلة ، ونريد أن نفتحها ، يكون أمامنا طريقان : إما أن نتعامل بدقة وعناية مع باب الشقة ، محاولين استغلال الثغرات الممكن لنا استغلالها لفتح باب الشقة ، أو الطريق الثانى أن نحطم باب الشقة .

فى كلتا الحالتين سنفتح باب الشقة ، لكن الأسلوب مختلف، فالحالة الأولى تمثل تعاملاً غير مباشر مع واقع موجود يتمثل فى إقفال باب الشقة ، لكن الحالة الثانية تمثل كسراً لهذا الواقع الموجود من خلال تحطيم باب الشقة .

ودوماً كسر حالة الوجود (الواقع) يؤدى إلى كارثة حتمية ، أما التعامل غير المباشر مع الموجودات فيؤدى لتحقيق الهدف بدون وقوع كوارث .

لقد كان من أنصار كسر قوانين الطبيعية الباحث ستين فيلادسين ، والذى عمل

لفترة طويلة على عمليات الكلونة من الأجنة ، وقد كان طموحه شديداً ، لدرجة أنَّه أكدَّ أكثر من مرة على إمكانية استنساخ آدميين بالغين ، كان المبدء الذى يرتكز عليه فيلادسين أن دور العالم هو كسر قوانين الطبيعة لا التعامل الرقيق معها .

كان فيلادسين كتوماً ، ويبدو لمن يراه أنه أصغر من عمره بكثير ، فهو من مواليد ١٩٥١م .

وقد كان لمذهب فيلادسين دورٌ كبير فى فشله فى النهاية فى الوصول إلى ما وعد به من استنساخ وكلونة الخلايا الناضجة .

أحمد : وهل كان لذلك انعكاسٌ على مسيرة تجارب الاستنساخ والكلونة بعد ذلك .

المهندس : بالطبع يا أحمد ، فإن إخفاق عالم كفيلادسين فى تحقيق كلونة الخلايا الناضجة ، قد جعل الشركات التى كانت متحفزة لتمويل هذه التجارب تعرض عن ذلك ، وتنصرف إلى الاستثمار فى قطاعات مضمونة .

لذلك عانى ويلموت كثيراً فى إقناع شركة (P.P.L) بالموافقة على تمويل مشروعه البحثى ، وقد وافقت الشركة بعد أن أيقن مجلس الإدارة بجدية ويلموت فيما أراد من ورقته المقدمة لمجلس إدارة الشركة .

ثم يكمل **المهندس** حديثه قائلاً :

كان ويلموت من أنصار التعامل اللطيف مع الموجودات للوصول إلى تطويعها حسب الطلب ، أما فيلادسين فكان من أنصار التعامل العنيف مع الموجودات لتطويعها حسب الطلب ، لذا كان مذهب فيلادسين :

« إرادة العالم أقوى من إرادة الطبيعة » .

أما مذهب ويلموت فقد كان يؤمن بمذهب « الطبيعة الصديقة » ، وتحليلنا للاتجاهين يوضح فكر كل من الباحثين ، وكل منهما إذا أراد أن يسيطر على الطبيعة فلابد أن يكون أقوى منها ، أما ويلموت فكان يرى أن الإنسان إذا أراد أن يسيطر على الطبيعة فلابد أن يصادقها .

من هذا المنطلق تعامل ويلموت وكامبل مع الخلايا الناضجة والبويضات ، حيث ساعدت خبرة ويلموت فى الدراسة المستفيضة لدورات انقسام الخلايا فى تحديد مفاتيح

ـخول للكلونة من الخلايا الناضجة .

حمد : كيف ؟

نهندس : لقد اتضح لويلموت من خلال تجاربه على عمليات الكلونة والاستنساخ أنّ المشكلة فى كلونة الخلايا الجسمية تكمن فى معالجة جينوم الخلية الجسمية ليقوم بالتوجيه العام لعمليات التكوين الجينى ، أما الدكتور كامبل فقد استطاع من خلال دراسته لدورات انقسام الخلية أن يحدد المرحلة المناسبة للكلونة من خلية ناضجة من دورة الخلية ، وقد حدَّد كامبل طور السكون من الخلية كطور مناسب لحدوث عمليات الكلونة .

شيماء : وكيف استطاع ويلموت التغلب على حاجز التخصص ؟

المهندس : لقد سبق أن قلت لكما أنّ ثمة بروتينات تغلق الدنا الوراثى الخاص بالخلية الجسمية أو الخلية الجنينية ، حيث تحجب هذه البروتينات ما يقرب من ٩٠ ٪ من جينات الخلية فى الخلية الناضجة ، بينما لا تحجب هذه البروتينات أيًّا من الجينات المشكلة لجينوم الخلية ، ومن ثم فالتغلب على البروتينات الحاجبة يعنى إحداث تحول كبير فى حياة الخلية ، حيث تنتقل من حالة التخصص إلى اللاتخصص .

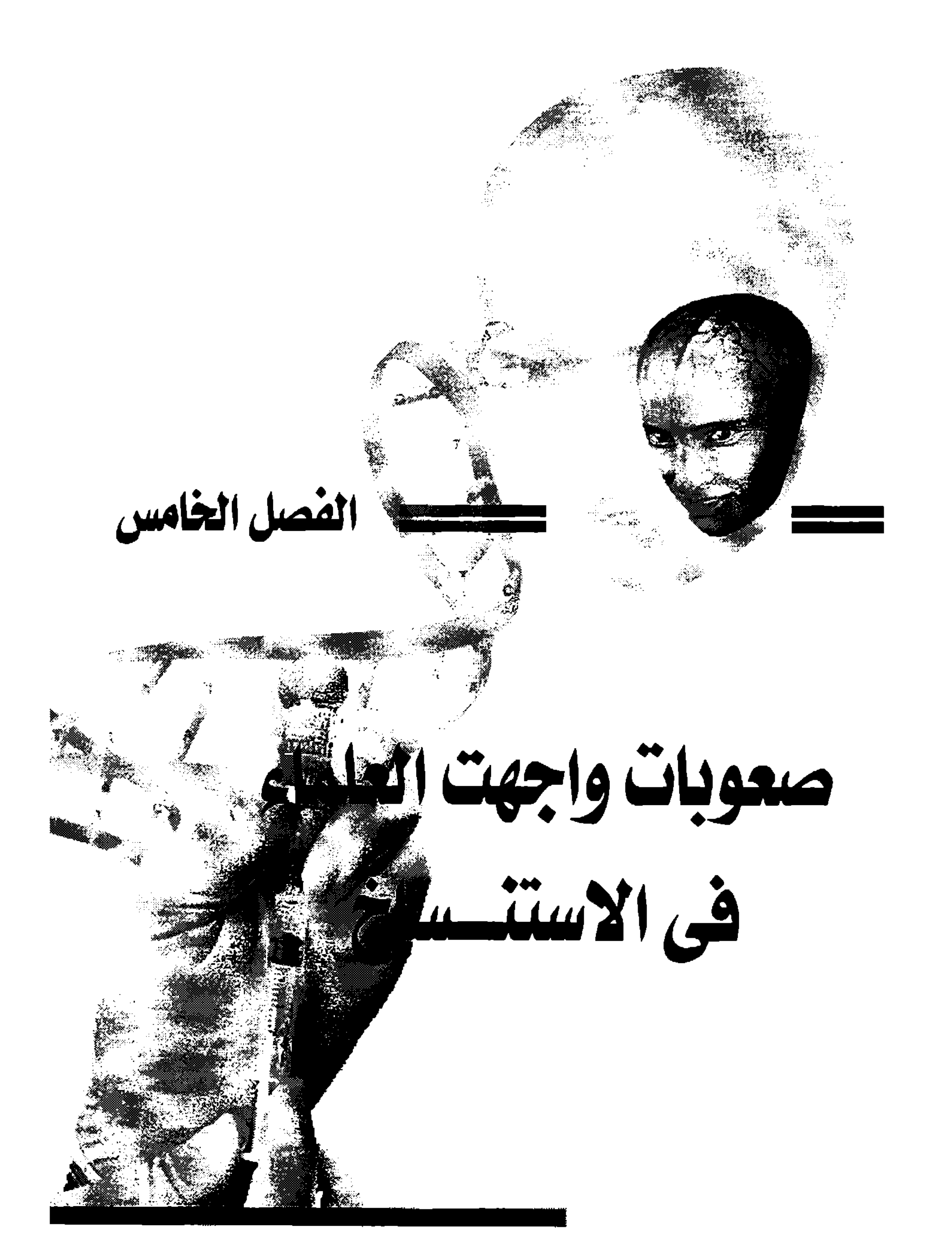
شيماء : يبدو أن حالة اللاتخصص مهمة جداً للخلية .

المهندس : حالة اللاتخصص مهمة للخلية ، حيث توجه الأداء الوظيفى العام للخلية الحية ، ومن ثمَّ فهى ضرورية لعملية التوجيه والتكوين الجينى ، بينما حالة التخصص ضرورية جداً ، للوضع التخصصى للخلايا ، والذى يحدد طبيعة التخصص بالخلية الجسمية ، وكيفية أدائها لوظيفتها التخصصية .

شيماء : سأعبر عن ذلك من خلال لوحاتى الكاريكاتيرية :



الفصل الخامس



صعوبات واجهت العلماء فى الاستنساخ

أحمد : لكن ما هى القيمة التى أضافتها تجربة ويلموت لتاريخ العالم ؟

المهندس : لقد حقق ويلموت إنجازات عديدة بتجربته مع زميله كامبل ، والتى كان من أهمها :

١- إحداث انقلاب خطير في علم التكاثر في الثدييات

لقد كان المعتاد فى طريقة التكاثر فى الثدييات هو حدوث التكاثر من خلال الخلايا المشيجية ، أما ويلموت فقد استطاع أن يجرى التكاثر من خلال الخلايا الجسمية الناضجة ، من خلال عمليات الكلونة ، أى يمكن من خلال خلية جسمية ناضجة انتاج فرد كامل ، وهو ما حدث مع دوللى .

٢- إحداث ثورة طبية هائلة :

ألمح ويلموت فى بعض أحاديثه بقوله عندما سُئل عن مستقبل الإنسان فى ظل ثورة الاستنساخ : « أنا لم أهدف إلى استنساخ البشر ، بل إلى استنساخ أعضاء البشر ، أعضاء فى قمة الكفاءة الحيوية لها ... لكنها أعضاء حسب الطلب » ثم يستكمل ويلموت حديثه قائلاً :

« إنه يمكننا فى ظل ثورة الاستنساخ الحيوى الحصول على كبد كامل أو بنكرياس كامل أو قلب كامل .... إلخ ، لنصل فى النهاية إلى التغلب على العديد من الأمراض » .

لقد قال البروفيسور ريتشارد ستيوارت :

« إننا أمام مستقبل لن نصبح فيه بحاجة إلى أنسولين ، حيث سنستنسخ بنكرياسا كاملاً سليماً، يمكن تكوين الأنسولين من خلايا جزر لانجرهانزبه » .

إن العلماء يحلمون باستنساخ الكبد ، مما يعنى التخلص من المرض الفيروسى القاتل والالتهاب الكبدى الوبائى كما أن استنساخ القلب سيحقق إنجازاً طبيا لم يسبق إليه أحد ، وهو إنجاز فى غاية الأهمية .

شيماء : وقد بدا عليها أنها تفكر بعمق شديد ، وإذا بـ **أحمد** يسألها :

فيما هذا التفكير العميق يا شيماء ، هذا التفكير الذى جعلك تطوفين بخيالك بعيداً عنا .

شيماء وقد نظرت إلى أحمد وهى تقول :

بل طفت بخيالى نحو المستقبل يا أحمد لأستشف منه ملامحه، مظاهره ، يبدو أنه مستقبل أكثر تعقيداً مما نتصور يا أحمد .... أعرفت فيم أفكر يا أحمد ؟

أحمد : لا يا شيماء .

شيماء : فى ما بعد الاستنساخ ، إلى أى طريق سنسير ، هل الاستنساخ والكلونة سيقف عند دوللى أم أن الطريق متسع ، وتطبيقاته عديدة؟

المهندس ، وقد تدخل في الحوار :

تقصدين يا شيماء أنك تودين معرفة التطبيقات المختلفة للاستنساخ الحيوى .

شيماء : نعم يا سيدى .

المهندس : إنها تطبيقات عديدة ، وستحقق إنجازات كبيرة للبشرية ، ونعقد عليها آمالاً كبيرة فى مجالات عديدة .

أحمد : لكن قبل أن تعرض لذلك ، نرجو أن تجيبنا عن العديد من الأسئلة التى تدور بأذهاننا .

المهندس : وما هى تلك الأسئلة يا أحمد ؟

أحمد : ما الصعوبات التى واجهها العلماء قبل استنساخ دوللى ؟ وكيف تغلبوا عليها ؟ وما علاقة دوللى بالإنسان ؟ وما هو موقف المجتمع الدولى من تجربة دوللى ؟

المهندس : رويداً يا أحمد ، وسوف أجيبك عن كل ذلك ، ثم يكمل المهندس حديثه قائلاً :

منذ أن استطاع علماء الهندسة الهندسة الوراثية فى عام ١٩٧٩م من التوصل إلى تقنية الدنا المطعم [١] ، وهم يحاولون الوصول إلى ذلك السر البيولوچى الدمى يتيح لهم توجيه الجينوم[٢] للحصول على نسخ من الكائنات الحية .

(١) الدنا المطعم هو الدنا الوراثى لكائن حى والمضاف إليه چينات من كائن قريب منه وراثيا حتى لا يحدث طرد للچينات المضافة .

(٢) الجينوم هو محتوى الجهاز الوراثى للكائن الحى من الچينات .

وقد واجه العلماء فى بحثهم ذلك مشكلات عديدة ، استطاعوا أن يتغلبوا على العديد منها ، لكن مازال هناك الكثير من المشكلات العلمية والتقنية صعبة الحل ، والتى يأمل العلماء إيجاد حلول لها مع تقدم الأبحاث .

شيماء : وما هى تلك المشكلات ؟

المهندس : من الصعوبات التى واجهها العلماء ما يلى :

١- صعوبة إجراء عملية الاستنساخ على الخلايا الناضجة لكون هذه الخلايا قد تخصصت جينوميا [١]، وأصبحت نشطة فى أداء وظيفتها الشخصية الجديدة ، أما بقية المحتوى الوراثى لها ، والذى لا يمت للوظيفة التخصصية بصلة فقد دخل فى مرحلة كمون ، لم يستطع العلماء بداية التوصل إلى سبب هذا الكمون ، ولا إلى إمكانية استثارة هذا المحتوى ليستعيد نشاطه من جديد .

وقد تغلب العلماء على تلك المشكلة بإجراء عمليات الاستنساخ على المراحل الجنينية المبكرة ، حيث يتم تقسيم الخلايا الجنينية الثمانية إلى خلايا مفردة ، ثم تنزع نواة إحدى الخلايا ، ويتم نقلها إلى حافظة مناسبة تسمح للأطقم الوراثية المخزونة بنواة الخلية الجنينية بالاستمرار بتوجيه عمليات التكوين الجنينى.

٢- صعوبة الحصول على الوسط الحيوى المتوافق وراثياً مع الأطقم الوراثية المخزنة بالنواة ، وقد تم التغلب على هذه المشكلة بتفريغ البويضة من نواتها من خلال جراحة نووية دقيقة ، يتم زرع النواة الجديدة فى الموقع النووى بالبويضة ، إلا أن تلك التقنية لا توفر الأمان الوراثى للنواة الجديدة بنسبة ١٠٠٪ ، وذلك بسبب وجود الطاقم الوراثى السيتوبلازمى لخلية البويضة والذى يمثل ١٠٪ من المحتوى الوراثى والموزع بنسبة ٥٪ للميتوكوندريا[٢] و٥٪ موزعة على عضيات الخلية الأخرى ، وهذا يحدث حالة من عدم التوافق الوراثى قد تؤدى إلى تدمير الأطقم الوراثية المزروعة فى نواة البويضة ، وإن كان هذا الاحتمال ضعيفا للنسبة القليلة المتواجد بها المحتوى الوراثى السيتوبلازمى ، ولم يستطع العلماء حتى الآن التوصل إلى وسيلة لإحداث توافق وراثى تام يضمن

---

(١) التخصص الجينومى : هو تخصص بعض الچينات لأداة وظيفة معينة ومحددة وفقا لبرنامج وراثى سابق تكون عند اتحاد الحيوان المنوى بالبويضة (المادة المذكرة والمادة المؤنثة) .

(٢) الميتوكوندريا : إحدى عضيات الخلية المسئولة عن إنتاج الطاقة والتى تحتوى على ٥٪ من المحتوى الوراثى المتواجد بالخلية .

الاستقرار الوراثى للطاقم الجديد بما يمكنه من القيام بوظائفه .

٣- إيجاد وسط يمكن لخلية البويضة أن تستقر فيه ، وقد استعان العلماء للتغلب على ذلك بالأرقام البديلة ، وإن كان هناك الآن اتجاه للأرحام الصناعية المبرمجة وراثيا بما يكفل الحماية للبويضة المزروعة فيها .

أحمد : وفى أى شىءٍ ركز ويلموت وفريقه العلمى ؟

المهندس : لقد ركز «ويلموت» وفريقه البحثى فى تلك الفترة على دراسة الحد الأدنى من الطاقة الحيوية الكافى لحفظ الوظائف التخصصية للخلية ، وقد اتضح لهم من خلال تلك الدراسات أن الوصول إلى نقطة أقل من الحد الأدنى كفيل بإحداث حركة جزئية بالمحتوى الوراثى الكامن ، ومن ثمّ فقد بدت بادرة أمل فى إمكانية الوصول إلى الحد اللازم لإجبار الجينات على الحركة ، وهو ما يمكن أن نسميه بالحد الحرج من الطاقة الوراثية .

فى تلك المرحلة استخدم ويلموت للوصول إلى الحد الحرج من الطاقة الوراثية عمليات تفريغ للخلية من المواد المغذية المخزنة بالسيتوبلازم ، مع حرمان الخلية من المغذيات الخارجية ، وقد استمر ذلك لفترة قد تصل لخمسة أيام بما يسمح للأطقم الوراثية الكامنة بالنشاط والارتداد إلى الحالة التى تشبه الحالة الجنينية وراثيا، مع بقاء التغيرات التراكمية التى أضافها وضع التخصص فارقًا بين الاثنين ، لقد أجرى ويلموت تلك التجربة مرات عديدة للتأكد من النشاط الكلى للمحتوى الوراثى ، وكان لابد من إجراء اختبارات وراثية عديدة لاختبار نشاط هذه الجينات واحتفاظها الكامل بحيويتها من خلال اختبار النشاط الوظيفى لهذه الجينات .

شيماء : وماذا فعل ويلموت بعد تأكده من نشاط المحتوى الوراثى ؟

المهندس : بعد تأكد ويلموت من نشاط المحتوى الوراثى ، كان لابد من وسيلة لينزع نواة الخلية الجسمية تمهيداً لنقلها إلى بويضة تم تفريغها من نواتها .

أحمد : وماذا كانت هذه الوسيلة ؟

المهندس : وقد كانت الوسيلة الوحيدة التى يمكن من خلالها استئصال النواة هى إجراء جراحة نووية بواسطة أشعة الليزر ، وقد كانت تلك المحاولة تحمل الكثير من المخاطر

لاحتمال تأثير أشعة الليزر على المحتوى الوراثى ، ومن ثم إحداث تغييرات فى التركيب الوراثى للنواة ، وكان لابد من إجراء اختبارات للتأكد من ضمان عدم تأثير الجراحة النووية على المحتوى الوراثى للنواة.

يتم تفريغ البويضة من نواتها بنفس التقنية السابق شرحها ، ثم يتم قذف نواة الخلية الجسمية إلى داخل البويضة ، لتحتل المكان النووى للخلية البيضية (البويضة) ، وعملية القذف النووى تلك تحتاج إلى تقنيات خاصة.

أحمد : وما هذه التقنيات ؟

المهندس : توجد تقنيات عديدة ، ومنها ما يلى :

١- طريقة الحقن المجهرى : فى تلك التقنية يتم وخز البويضة بإبرة ميكروبية (دقيقة جداً) لدفع النواة داخلها ، ويعيب هذه التقنية عدم دقتها والحاجة إلى إجراء التجربة لعدة آلاف من الخلايا للحصول على بويضة ثم دمج النواة الجسدية بها .

٢- طريقة القذف السريع النفاث : فى تلك التقنية يتم وضع النواة (الدنا الوراثى) فوق قذيفة معدنية من معدن التنجستن ، ثم توضع هذه القذيفة أمام رصاصة ميكروبية (دقيقة جداً) ، عندما تنطلق الرصاصة فإنها تحدث قوة دفع كبيرة للنواة بما يسمح بوضعها فى المكان المحدد بالبويضة ، ويعيب هذه التقنية احتمالية إحداث الرصاصة تأثيراً ميكانيكيا للنواة الجسمية، بما يمكن أن يتلف بعضا من المادة النووية .

٣- القذف السريع البخارى : تتم هذه بوضع النواة أمام تيار شديد من البخار ، حيث يسبب البخار دفعا للنواة الجسمية بما يسمح بوضعها فى التجويف النووى للبويضة ، ويعيب هذه التقنية احتمالية التأثير الكيميائى للبخار السائل على المادة النووية .

٤- استخدام النبضات الكهربائية : يتم فى هذه التقنية إحداث بعض النبضات الكهربائية ذات المجال المحدد والآمن من الناحية الوراثية ، حيث يتم اندماج نواة الخلية الجسمية بالبويضة ، وتعتبر هذه التقنية أفضل التقنية النووية المستخدمة لقلة تأثيرها على المحتوى الوراثى .

وقد استخدم ويلموت وفريقه العلمى تقنية النبضات الكهربائية، وذلك لمعدل الأمان

الوراثى الذى يمكن أن تحققه هذه التقنية بالمقارنة بالتقنيات الأخرى .

شيماء : ثم ماذا بعد ذلك يا سيدى ؟

المهندس : بعد إتمام عملية النقل والإندماج النووى ، قام ويلموت بزراعة هذه البويضة المطعمة بالنواة الجسمية فى رحم بديل ، لتنمو وتبدأ مراحل تكوينها الجينى العادى، وقد كانت مرحلة النمو والتكوين الجنينى تمثل أعقد مرحلة فى التجربة بالنسبة لويلموت وفريقه البحثى ، وذلك لضرورة حساب أى تغير ولو طفيف للغاية فى عمليات النمو والتكوين الجنينى ، ومن ثمَّ يمكن تلافى أخطاء التجارب السابقة والتى أجراها ويلموت بنفسه مع فريقه العلمى والتى بلغت ٢٧٦ تجربة ، وكلها قد فشلت ، كتب النجاح للتجربة رقم ٢٧٧ ، وهذا يوضح لنا جانبا من العبقرية فى شخصية البَاحث ، والتى أهلته لأن يقود فريقه العلمى لإنجاز بيولوجى لم يسبقه إليه أحد.

شيماء : وما الجديد فى تجربة دوللى ؟

المهندس : لقد أحدثت تجربة دوللى (الاسم الذى أطلقه معهد روزلين على نوع الخراف الذى أنتجته) ثورة فى علم التكاثر ، ولكى يستوعب القارئ مدى هذه الثورة العلمية لابد لنا أولا من إطلالة على كيفية تكاثر الكائنات الحية .

تمارس الكائنات الحية التكاثر للحفاظ على نوعها من الانقراض ، وعملية التكاثر تلك تختلف طرق حدوثها باختلاف الوضع التصنيفى للكائن الحى ، فالكائنات الأولية والتى لا تتميز فيه النواة إلى غشاء نووى ونواة ، بل توجد المادة النووية سابحة فى السيتوبلازم ، تمارس عملية التكاثر من التكاثر اللاجنسى ، حيث يعمل الكائن الحى على نسج مادته النووية ، ثم تكوين غلاف سيتوبلازمى وغشاء بلازمى حول النواة الجديدة لينتج فرداً جديدا كاملا ، لينفصل عن الفرد الأصلى ليمارس حياته الطبيعية، وقد يبقى متصلا بالفرد الأصلى كنوع من الحماية الحيوية بالنسبة إليه.

وفى الكائنات مميزة النواة وبخاصة القبائل التصنيفية الراقية فى السلم التصنيفى ، يتم التكاثر من خلال التقاء الأمشاج المذكرة والأمشاج المؤنثة ، لينتج من اتحادهما الجنين ذو الخلية الواحدة ، والذى يتابع تمايزه وانقسامه بعد ذلك ، هذا النوع من

التكاثر يُسمى بالتكاثر الجنسى ، أما النوع السابق من التكاثر فيُسمى بالتكاثر اللاجنسى ، والفارق الأساسى بينهما أن التكاثر اللاجنسى يتم من خلال خلايا جسمية ، بينما التكاثر الجنسى يحدث من خلال خلايا مشيجية (تناسلية).

والتكاثر الجنسى من الصفات الأساسية لطائفة الثدييات والتى ينتمى إليها الإنسان من الناحية التصنيفية ، فلإنتاج فرد كامل لحيوان ثديى لابد من إتمام العملية من خلال التقاء الأمشاج المذكرة والمؤنثة ، أو من خلال الخلايا الجنينية (والتى تكونت بعد الالتقاء المشيجى) ، وهذا كله يعتبر نوعا من التكاثر الجنسى.

أحمد : لكن هل يمكن إحداث التكاثر اللاجنسى فى طائفة الثدييات ؟

المهندس : لقد كانت جميع المراكز البحثية قبل تجربة «دوللى» تجمع على استحالة إحداث التكاثر اللاجنسى فى طائفة الثدييات ، لكن «ويلموت» حطم حاجز المستحيل ذلك ، واستطاع من خلال الطاقم الوراثى لنواة خلية جسمية إنتاج كائن حى ثديى ، بما جعله صاحب أخطر نظرية فى علم التكاثر ، وإنها لحقيقة وكفيلة بالدراسة المستفيضة لسد ثغراتها والاستفادة منها وتوظيفها التوظيف السليم .

نقاط الضعف فى تجربة دوللى :

شيماء : وما هى نقاط الضعف فى تجربة دوللى ؟

المهندس : إن ما حققه «د. ويلموت» وفريقه العلمى يعتبر إنجازا كبيراً سيذكره له تاريخ العلم ؟ لكن ذلك لا ينفى وجود نقاط ضعف فى التجربة قد تؤثر سلبيا على حياة دوللى مستقبلا وهى كما يلى:

١- إجراء التجربة على كائن ثديي واحد :

لم يجرب ويلموت فى محاولاته الـ ٢٧٧ التجربة على حيوان ثديى آخر ، بل أجراها كلها على نفس الحيوان (الخراف) رغم وجود كائنات أعقد منه وراثيا وربما تفشل التجربة معها ، وكان لابد من إجراء التجربة على تلك الحيوانات كالفأر للحكم القاطع على نجاحها من عدمه ، ولا سيما وأن التقنيات الوراثية الجنينية السابق إجراؤها على أجنة الفئران قد فشلت جميعها فى إنتاج فئران بالغة قادرة على الحياة .

لقد اختار «د. ويلموت» الخلية الجسمية للغنم فى تجربته لأن المادة الوراثية فى

أجنة الغنم لاتبدأ فى أداء وظائفها إلا بعد الانقسام الثالث أو الرابع ، أما فى حالة الفئران فإن المادة الوراثية تبدأ فى أداء وظائفها بعد الانقسام الثانى للخلية مما يحتم إعادة برمجتها وراثيا قبل توجيهها لإنتاج كائن حى .

٢- نجاح التجربة مرة واحدة.

لقد أجرى «د. ويلموت» وفريقه العلمى تجربته ٢٧٧ مرة ، ولم تنجح التجربة إلا فى مرة واحدة ، ولا يمكن تعميم ذلك من وجهة النظر العلمية ، إذ لابد من نجاح التجربة بنسبة أكثر من ٥٠ ٪ لتعميمها ، ومن ثمَّ الحكم على قبولها كحقيقة علمية من عدمه.

٣- إجراء التجربة على خلية من الضرع فقط .

اختار «ويلموت» خلية من ضرع أنثى الغنم لتجربته ، ولم يؤكد نتائج تجاربه على خلايا من مناطق أخرى بجسم أنثى الغنم، لأن السلوك الوراثى للخلايا يختلف من خلية لأخرى ، فليست كل الخلايا يمكن إجبار طاقمها الوراثى للارتداد للحالة الجنينية ، كما تختلف الخلايا فى الفترة الزمنية (القصيرة جداً) إذا ما ارتدت لحالتها الجنينية ـ لبدء الطاقم الوراثى فى أداء وظائفه .

فإذا كان تجربة دوللى قد نجحت مع خلايا الضرع .

هل تنجح مع الخلايا العصبية ؟

هل تنجح مع خلايا المخ ؟

هل تنجح مع خلايا من القلب ؟

٤- عدم التوافق الوراثي المحتمل :

خلية البويضة التى تحتوى على نواة خلية جسمية فى تجربة دوللى ، مازال بها ١٠ ٪ من المادة الوراثية لخلية البويضة .

هل سيحدث توافق وراثى بين المادة الوراثية المضافة والنسبة القليلة للمادة الوراثية الأصلية .

إن الوحيدة التى تمتلك الإجابة عن هذا السؤال هى دوللى من خلال حياتها :

هل ستعيش بصورة عادية ؟

هل ستُصاب بأمراض وراثية ؟

٥- تأثير التغير التراكمي للمادة الوراثية للخلية الجسمية

تتعرض المادة الوراثية بالخلايا الجسمية للعديد من التغيرات الإيجابية والسلبية فى رحلتها مع الزمن أثناء نومها وتجددها وانقسامها ، وهذه التغيرات تراكمية ، وتتوالى إنزيمات الصيانة والإصلاح بالخلية والبالغ عددها عشرين إنزيما لإصلاح تلك التغيرات ، لكن تبقى نسبة ليست بالقليلة من تلك التغيرات كل عام .

وعند ارتداد الخلية فى تجربة دوللى للحالة الجنينية فهو ارتداد وراثى ناقص لوجود جينات تغير تركيبها الكيميائى ، ومن ثم لابد لهذا الجينوم الجديد (الجينات الجديدة) أن تعبر عن نفسها وتظهر وظيفتها ، مما ينبئ بحدوث تغيرات بالصفات الوراثية للكائن الحى مستقبلا ، لتصل إلى مرحلة التكوين الجينى الكامل .

أحمد : وهل يمكن إنتاج إنسان من خلال هذه التقنية ؟

المهندس : ومن ثم إنتاج إنسان يمثل تلك التقنية هو أمر غير وارد وهذا من وجهة النظر العلمية ، أما لو تعرضنا للموضوع من وجهة النظر الدينية وعلاقته بقضية الخلق ، فلابد أن نذكر أن قضية الخلق هى أعظم من أن تُنسب إلى الاستنساخ أو غيره .

ويكمل المهندس حديثه :

لقد أثارت تجربة دوللى العديد من الأسئلة والتى هى فى حاجة إلى إجابات قاطعة .

هل تنجح تجربة دوللى مع الإنسان ؟

وهل يعنى ذلك أننا مقدمون على عصر إنسان حسب الطلب ؟

وهل يمس ذلك قضية الخلق ؟

إن الجينوم البشرى (محتوى الخلية من الجينات) يبدأ فى إظهار خصائصه ووظائفه بعد الانقسام الثانى لخلية البويضة ، بينما الجينوم الخاص بأجنة الغنم لا يبدأ فى التعبير عن نفسه إلا بعد الانقسام الرابع للبويضة ، ومن ثم فلكى تنجح التقنية مع الإنسان لابد من إيجاد برمجة وراثية للجينوم البشرى قبل مرحلة القذف النووى لنواة الخلية الجسمية داخل التجويف النووى الفارغ للبويضة ، وهذا صعب للغاية لأن

الزمن القصير جدا للغاية قبل القذف النووى لا يكفى لعمل ذلك إطلاقا .

شيماء : وما الدليل على ذلك ؟

المهندس : لقد فشلت كل التجارب التى أجريت على الخلايا الجنينية وليس الجسمية للفئران، والفئران هى الأقرب وراثيا من حيوانات التجارب للإنسان ، كما يعتقد الكثير من علماء الوراثة أن ثمة حماية خاصة للجينوم البشرى قد يمنع ارتداد كل المحتوى الوراثى للحالة الجنينية ، ومن ثمَّ فإجراء التقنية حينئذ يعطى أطواراً جنينية مشوهة لن يكتب لها الحياة ، ولن تكمل أطوارها الجنينية .

أحمد : لكن ما علاقة الهندسة الوراثية بتجربة دوللى ؟

المهندس : لقد تمت تجربة دوللى بالنقل النووى للطاقم الوراثى لخلية جسمية إلى التجويف النووى الفارغ لخلية البويضة ، ثم لتنزرع فى رحم أنثى الغنم لتنمو إلى فرد عادى ، وهى بهذه الطريقة لا علاقة للهندسة الوراثية بها ، وما حدث من تقنيات خلال إنتاجها يمكن أن نسميه بالهندسة الإنجابية وليس بالهندسة الوراثية .
إن مفهوم الهندسة الوراثية يعنى هندسة المحتوى الوراثى لأغراض قد تكون إيجابية أو سلبية .

أين ذلك التوجيه الوراثى فى تجربة دوللى ؟

إن ما حدث فى دوللى نقل لمحتوى وراثى دون تدخل فيه ، ومن ثمَّ فلو كانت الأم المنقول منها نواة الخلية الجسمية مصابة بمرض وراثى، سيظهر هذا المراض وبنفس الصورة فى الفرد الناتج.

الهندسة الوراثية تعنى إدخال جينات جديدة أو حذف جينات ، وهذا غير متوافر بتجربة دوللى ، وقد يعتقد البعض أن عمليات التنشيط للطاقم الوراثى لنواة الخلية الجسمية لكى تستعيد حالتها الجنينية هى تقنية وراثية ، والحقيقة أنها ليست كذلك فهى عملية فسيولوجية (حيوية) بحتة تحدث للخلية إذا أفرغت من المغذيات .

شيماء : لكن هل يمكن أن يكون للهندسة الوراثية دور فعال وحقيقى فى مثل تلك التجارب ؟

المهندس : لاشك أن الهندسة الوراثية ستضيف الجديد إذا طبقت فى مثل تلك التجارب،

وذلك من خلال عمليات الحقن لجينات ذات صفات مرغوبة ومحددة ، وعملية الحقن الجينى تلك تتم فى مراحل مختلفة :

١ - قد تتم بعد نزع الخلية الجسمية وقبل تجويفها ، وذلك بحقن الجينوم المرغوب فى نواة الخلية.

٢ - قد تتم بعد نزع نواة الخلية الجسمية والاستعداد لقذفها داخل التجويف الفارغ للبويضة.

٣ - قد تتم بعد استقرار نواة الخلية الجسمية بالتجويف النووى الفارغ للبويضة.

٤ - قد تتم فى المراحل الجنينية المبكرة .

٥ - قد تحدث عملية الحقن للكائن بعد ولادته أو نضجه لكنها ستكون أعقد من سابقاتها .

ومن ثم يمكن توجيه الجينوم الوراثى لأغراض محددة ، وهو ما تهدف إليه الهندسة الوراثية .

أحمد : إذن قد تمكننا تجربة دوللى من إنتاج الأعضاء البشرية ؟

المهندس : لقد فتحت تجربة دوللى آفاقا رحبة للبحث العلمى ، ولابد للباحثين من ارتياد هذه الآفاق للوصول إلى نتائج مرغوبة ومفيدة للإنسان .

من تلك الآفاق الرحبة التى أحدثتها تجربة دوللى موضوع الصناعة الحيوية للأعضاء البشرية ، وأعنى بالصناعة الحيوية صناعة الأعضاء الحية من خلال الخلية الحية ، وذلك يتم بنفس التقنية التى تمت بها تجربة دوللى ، مع وجود فروق طفيفة بين الاثنين يمكن أن نوردها كما يلى :

١ - فى تقنية صناعة الأعضاء الحية ، يتم هندسة الجينوم (المحتوى الوراثى لنواة الخلية) لينمو إلى عضو كامل .

٢ - لا يتم فى تقنية صناعة الأعضاء الحية إفراغ نواة الخلية من المواد الغذائية ، إذ ليس مهما إجبارها على الارتداد للحالة الجنينية.

٣ - لا يتم زراعة البويضة المطعمة بنواة الخلية الجسمية فى الرحم ، بل تزرع فى

وسط نمو مناسب ومشابه لوسط النمو النسيجى[1] الحى للعضو المزروع خليته .

٤- يمكن إدخال جينات ذات فعل أفضل لنواة الخلية للعضو المطلوب ، ومن ثمَّ إنتاج عضو متميز وظيفياً .

* * * * *

(١) النمو النسيجى الحى : هو وسط يتكون من نفس تركيب النسيج الحى المحيط بالعضو فى الحالة العادية .

الفصل السادس

ماذا بعد دوللى



شيماء: وقد بدا عليها التركيز الشديد موجهة سؤالها للمهندس :

لكن ماذا بعد دوللى ؟

المهندس: أثارت تجربة دوللى الكثير من الجدل الواسع ، وهى لاشك تعد إنجازا علميا له قدره ، وقد كان لتجربة دوللى انعكاسات عديدة وواضحة فى نواحى مختلفة .

من تلك الانعكاسات إعلان الكثير من الباحثين الوراثيين عن نتائج تجارب لهم ... لا ندرى أين كانت قبل دوللى ؟ ، ولذلك إننا نعزو ذلك إلى الحماس الزائد لدى الباحثين ، أو لاعتقاد بعض الباحثين أن هذا هو التوقيت المناسب للإعلان عن نتيجة تجاربهم وإن لم تتم نتائجها النهائية بعد ، ومن تلك التجارب ما يلى :

١- أعلن الباحث «روبرت ماكنيل» من جامعة «سينوستا» الأمريكية عن نجاحه فى استنساخ أبو زنيبة[١] من خلال عملية دمج لخلية من دم ضفدعة فى التجويف النووى الفارغ لبويضة ضفدعة ، لكن الأطوار الناتجة لم تصل إلى مرحلة البلوغ.

٢- أعلنت بريطانيا عن إنتاج ٨٠ ألف حيوان جديد محور وراثياً[٢] كالأسماك والخنازير والكائنات الدقيقة .

٣- الإعلان عن استنساخ حيوان الغنم (نصفه ماعز ونصفه الآخر غنم).

٤- إعلان د. «آلن كولمان» الباحث بمعهد روزلين ورفيقه «د. ويلموت» عن إنتاج أنثى غنم أخرى محملة بجينات بشرية لإنتاج بروتين مفيد فى علاج التليف الحوصلى .

٥ـ إعلان «د. سفانت بايون» الباحث بجامعة «أوبسالا» السويدية عن نجاحه فى استنساخ الدنا الفرعونى للمومياوات المصرية.

٦- إعلان فريق بحثى آخر بجامعة أوبسالا السويدية عن استنساخ جينات طفل مصرى فرعونى عمره ٢٤٠٠ سنة .

٧- إعلان علماء جامعة «مينوسن» باستراليا عن استنساخ ٤٧٠ بقرة بتقنية النقل النووى الجينى .

---

(١) أبو زنيبة : هو أحد أطوار الضفدعة.

(٢) الكائنات المحورة وراثيا : هى كائنات مطعمة بجينات إضافية لأداء وظائف محورة .

أحمد : وما موقف المجتمع الدولى من تجربة دوللى ؟

المهندس : لقد أوجدت تجربة دوللى العديد من الآراء حول أخلاقيات الاستنساخ الحيوى، بل واتخذت بعض المؤسسات السياسية قرارات بمنع تمويل أبحاث الهندسة الوراثية ، ونادى الكثيرون بضرورة تحجيم أبحاب الاستنساخ والهندسة الوراثية .

لقد كان جميع من أدلوا بآرائهم حول الاستنساخ الحيوى متخوفين من إمكانية إنتاج إنسان بنفس تقنية دوللى ، وقد اتضح ذلك من تعبير «د. مارجريت برازير»[(١)] بقولها :

«إن الاستنساخ مسألة لا إنسانية من جميع النواحى ، فإذا كان القصد إنتاج إنسان طبيعى ليعيش بيننا ..فمن سيكون أبواه أو أقرباءه ، هذه هى الأشياء التى تميز الكائن البشرى الاجتماعى» .

كما نادى «د. أرون كليج»[(٢)] بضرورة تعديل التشريع الصادر عام ١٩٩٠ ببريطانيا والخاص بالإخصاب خارج الرحم ، ليضاف إليه بند يحرم عمليات النقل النووى الجنينى والنقل النووى من الخلايا البالغة.

لقد قام عضو مجلس الشيوخ الأمريكى «بيل فرست» وعضو لجنة الصحة بالمجلس بدعوة د. ويلموت للحديث عن تجربته أمام اللجنة ، وعبر عن عدم رضاه عن تجربة دوللى بقوله : «إننى أعارض استنساخ البشر ، بل وأرحب بأى مجهود دولى لحظر الاستنساخ ، لكننى أود أن تتاح الفرصة لتجربة ويلموت ، للحصول على ما يمكن أن يفيد البشرية ، حتى لا نطرح هذا المولود العلمى مع مياه الصرف الصحى ، ويموت الوليد لحظة ميلاده» وفى حديث لرئيسة لجنة العلوم والتكنولوجيا بمجلس العموم البريطانى عقب الإعلان عن تجربة دوللى قالت :

«إننى أرى أنه لابد من منع أى محاولة للاستنساخ البشرى ، وتوقيع أقصى عقوبة على الباحثين المخالفين لهذا» .

وقد استدعت لجنة العلوم والتكنولوجيا «د.ويلموت» لبيان موقفه من تجربته وموقفه من الاستنساخ البشرى .

(١) أستاذة القانون فى جامعة مانشستر ـ بريطانيا.
(٢) عضو المختبر البيولوجى بجامعة كمبريدج.

كما كان للضجة التى أثيرت حول تجربة دوللى أثرها فى إعلان الإدارة الأمريكية عن قرارها بمنع المؤسسات الفيدرالية الأمريكية من تمويل أبحاث الاستنساخ والهندسة الوراثية وتحريم أبحاث الاستنساخ البشرى . كما كان للإدارة الفرنسية موقف مشابه للموقف الأمريكى تجاه أبحاث الاستنساخ البشرى ، وإن كان أقل حزما من الموقف الأمريكى .

وفى الدول الإسلامية نوقش الموضوع بإسهاب من وجهة النظر العلمية والدينية ، فقد طالب البعض بتحريم تجارب الاستنساخ الحيوى والهندسة الوراثية ، وطالب البعض بتقنين التجارب حتى لا تحرم البشرية من فوائد تجارب الهندسة الوراثية والاستنساخ الحيوى.

ويكمل المهندس حديثه قائلا :

وهكذا فتحت تجربة دوللى فكراً بيولوجياً جديداً فى علم وتقنيات التكاثر والهندسة الإنجابية ، ولذلك فإن أمامنا أسئلة عديدة أحدثتها تجربة دوللى :

ما مصير الفكر البيولوجى بعد تجربة دوللى ؟

هل نحن ـ قادمون على عصر النسخة الواحدة ؟

كيف نحدد درجات القرابة من الناحية البيولوجية بعد تجربة دوللى ؟

وفى النهاية يبقى السؤال الملح :

البيولوجيا إلى أين بعد دوللى؟!!

أحمد: قد يعتقد البعض أن الاستنساخ الحيوى يعنى الخلق وهذا خطأ .

المهندس : لقد حدث خلط بين الاستنساخ الحيوى وقضية الخلق وذلك لعدم فهم الفارق الشاسع بين الاثنين ، ومن ثمَّ كان حرصنا على توضيح الأمرين لإزالة اللبس وبخاصة لدى الإنسان البسيط غير المتخصص ، ومن ثمَّ يمكن بسهولة إحداث تذبذب فى الموروث العقائدى الراسخ لديه ، بينما يستطيع المتخصص أن يدرك الصواب من الخطأ بتحليل الأشياء تحليلا علميا .

شيماء : كيف ذلك يا سيدى ؟

المهندس : إن الاستنساخ الحيوى هو عملية طباعة حيوية لجزء من الكائن الحى ، أو إجراء الطباعة الحيوية تلك على الكائن الحى ككل ، ومن ثمّ فالاستنساخ الحيوى لابد أن يحدث على قالب من المادة الوراثية من نواة خلية جسمية بعد إجبارها من خلال تقنيات محددة على الارتداد وراثيا إلى الحالة الجنينية بما يكفل إزالة حاجز التخصص الخلوى ، والعودة بالطاقم الوراثى إلى حالة القدرة على التوجيه الكلى .

أحمد : إذن فالمادة الوراثية هى أساس عملية الاستنساخ .

المهندس : ومن هذا المنظور يا أحمد يمكننا القول بأن عدم وجود المادة الوراثية التى تمثل القالب النسخى يلغى حدوث عملية الاستنساخ من الأصل .

وإنى لأؤكد أن الاستنساخ الحيوى إذا تم إجراؤه بهدف الطباعة الحيوية الكلية للكائن الحى ، فسيفقد الكائن الحى الناتج من خلال ذلك ميزة مهمة ، وهى التباين الناشئ عن اتحاد مادتين وراثيتين تتمثلان فى المادة الوراثية الأبوية ، والمادة الوراثية الأمية ، مما ينتج خليطاً وراثيا جديداً يمتلك قدرات وراثية لم تكن متوافرة جميعها فى فرد واحد «الأب أو الأم» وهذا سيتيح للفرد الناتج من التقاء المشيج الذكرى كالحيوان المنوى ، أو حبة اللقاح مع المشيج المؤنث البويضة ـ القدرة الكبيرة على التكيف مع الظروف البيئية السيئة ، وذلك لامتلاكه مرونة وراثية عالية ، أما الفرد الناتج عن عملية الاستنساخ الحيوى فيمثل صورة طبق الأصل من الفرد المستنسخ منه .

شيماء : كيف يستطيع إذن أن يكيف نفسه مع ظروف البيئة المتغيرة ؟

المهندس : إن المرونة الوراثية لديه ستكون منخفضة ، وقدرته على التكيف مع الظروف البيئية السيئة صغيرة ، ومن ثمّ فهذا الكائن يمثل كائناً ثانويا فى المحيط الحيوى ، ذا عمر قصير وأكثر الكائنات الحية تعرضا للاندثار ، إن لم يمتلك قدرات تكاثرية فائقة التصور ، وهذا ما نجده تماما فى الكائنات الأولية لا مميزة النواة كالبكتريا ، والتى تمارس عملية الاستنساخ الحيوى الذاتى ، وبما يمكن أن نسميه «بالنسخ الحيوى» وتهدف من خلال ذلك إلى إكثار نفسها بإنتاج ملايين النسخ فى زمن قصير جدا ، وتعرف عملية الإكثار «التكاثر» تلك بالانقسام الثنائى البسيط . حيث تنقسم المادة الوراثية للبكتريا إلى جزأين ، ثم يحدث انقسام خلوى من خلال انخناق وسطى فى الخلية البكترية يؤدى إلى إنتاج فردين متماثلين وراثيا ومماثلين للفرد الأبوى .

أحمد : وهل توجد كائنات حية أخرى تمارس الاستنساخ الحيوى غير البكتيريا ؟

المهندس : تمارس الخميرة عملية الاستنساخ الحيوى من خلال التبرعم الذى يكون برعماً يمثل صورة طبق الأصل من الفرد الأبوى ، كما تمارس النباتات الاستنساخ الحيوى من خلال التكاثر الخضرى كل ذلك يجعلنا نؤكد على أن الاستنساخ الحيوى يمثل ردة بيولوجية .

شيماء : كيف ذلك ؟

المهندس : قد ميز الله الإنسان بالسمو عنها ، وذلك بخلق آلية بيولوجية تكاثرية راقية له ، من خلال أجهزة تناسلية متخصصة لأداء هذه الوظيفة التى تهدف إلى الحفاظ على النوع البشرى من الانقراض بواسطة المخلوط الوراثى (الأبوى – الأمى) ذى القدرات الوراثية التى تفوق القدرات المنفردة لكل من الأب أو الأم على حدة .

أحمد : إذن فالاستنساخ الحيوى هو وسيلة لإنتاج أفراد بطرق تكاثرية غير طبيعية ؟

المهندس :" إن عملية الاستنساخ الحيوى تمثل لعبًا فى طاقم وراثى موجود لإنتاج فرد بطريقة تكاثرية غير طبيعية بالنسبة للفرد ذاته ، لكنها قد تكون طبيعية بالنسبة لفرد آخر من نوع آخر من الأحياء ، وهذا يمثل شذوذًا للوضع التكاثرى بالنسبة للكائن الحى مما يؤثر سلبيا فى الصفات المظهرية له بعد ذلك ، وهذا يرفع من نسبة إنتاج المسخ للكائنات الحية المستنسخة ، والتى لا تمارس الاستنساخ فى حياتها الطبيعية .

شيماء : سمعت ذات مرة حديثا عن الإعجاز العلمى للقرآن الكريم ، وأن القرآن قد أشار للاستنساخ الحيوى .

المهندس : نعم لقد أخبر القرآن الكريم بذلك منذ أكثر من ألف وأربعمائة سنة خلت ، مما يمثل إعجازاً للقرآن الكريم ، ويثبت أنه من عند الله خالق الكون ، وما فيه من كائنات حية متعددة ، وبلايين البلايين من الشفرات الوراثية التى تحكم سير العمليات الحيوية داخل هذه الكائنات الحية .

أحمد : فى أى موضع من نصوص القرآن نجد ذلك ؟

المهندس : ذلك ما نجده عند تأملنا للآية (١١٩) من سورة النساء حيث يقول الله تعالى حاكيا عن تحدى إبليس لبنى آدم : ﴿ **وَلأُضِلَّنَّهُمْ وَلأُمَنِّيَنَّهُمْ وَلآمُرَنَّهُمْ فَلَيُبَتِّكُنَّ آذَانَ الأَنْعَامِ وَلآمُرَنَّهُمْ فَلَيُغَيِّرُنَّ خَلْقَ اللَّهِ** ﴾ [**النساء** : ١١٩] .

إن هذه الآية الكريمة تفرض تساؤلات عديدة يجب أن تثار فى ذهن كل طالب للحقيقة وسط بحار من ظلام التشكيك الدامس فى البيئات اللاعقائدية «التى لا تعترف بوجود إله للكون» هل كان محمد ﷺ خبيرا وراثيا حتى يتحدث عن عمليات التغيير فى الخلق ، الذى لايمكن إحداثه إلا من خلال التغيير واللعب فى الأطقم الوراثية ؟

شيماء : إن هذا دليل واضح على إعجاز القرآن .

المهندس : نعم فكيف يخبر محمد ﷺ وهو أمى لا يجيد القراءة ولا الكتابة بحادث علمى شاذ «غير طبيعى» منذ أكثر من أربعة عشر قرناً من الزمان ؟ هل كان محمد ﷺ جاهلا بما يمكن أن يقع لدعوته إن أثبت العلم خطأ نبوءته ؟

لكن كون القرآن من عند خالق محمد ﷺ وغيره من جميع الكائنات الحية ، الواهب لها شفراتها الوراثية ، والعالم بمخزون المعلومات الموجهة لسلوك محدد داخل هذه الشفرات جعل الحديث يقينا ، والإخبار به عين اليقين .

ويتابع المهندس حديثه قائلا : إن القرآن الكريم حينما ذكر قضية الخلق تحدى البشر بمعرفة سر الروح (الحياة) وذلك فى قوله تعالى : ﴿ **وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُم مِّنَ الْعِلْمِ إِلاَّ قَلِيلاً** ﴾ [الإسراء: ٨٥] .

فإن استطاع علماء وخبراء هندسة الجينات استنساخ الأطقم الوراثية فهل سيستطيعون استنساخ الروح ؟

شيماء : لكن ما الجوانب التطبيقية التى يمكن أن تستفيد منها من خلال ثورة الاستنساخ ؟

المهندس : يمكن من خلال تقنيات الاستنساخ الحيوى علاج العديد من الأمراض التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات ، والتى كان يصعب علاجها فى الماضى ، وذلك من خلال الاستنساخ الحيوى للطاقم الوراثى المتخصص فى توجيه تكوين الخلية أو النسيج أو العضو المسئول.

أحمد : إن معنى هذا كبير للغاية يا سيدى ؟

المهندس : لاشك أن هذه التقنية ستوفر وسائل جديدة لعلاج أمراض الفشل الكلوى

والمناعة وأمراض الدم ومرض السكر وأمراض الجهاز الهضمى ، كما ستوفر آلية بيولوجية جديدة للسيطرة على الميكروبات الخطيرة ، ولاسيما الفيروسات ، التى يمكننا من خلال تقنيات الاستنساخ الحيوى الوصول إلى طريقة لإحداث تبلور لهذه الفيروسات داخل الخلية ، والتخلص من خطورتها تماما.

كما يمكن من خلال الاستنساخ الحيوى التخلص من العديد من الأمراض التى تصيب النبات، ولاسيما النيماتودا والمنتشرة فى مصر بصورة كبيرة فى الأراضى المستصلحة ، ومرض إيدز النخيل ... إلخ وسوف نعرض فيما يلى العديد من التطبيقات التى يمكن من خلال الاستنساخ الحيوى إجراؤها على المستوى المرضى سواء على الإنسان أو على الحيوان أو النبات ، ولكن بشرط !

أحمد : ما هو ؟

المهندس : لا تقاطعوا حديثى حتى أفرغ منه ، ثم اعرضوا أسئلتكم ؟

أحمد : نحن موافقون ، ثم يبدأ **المهندس** حديثه عن تطبيقات الاستنساخ الحيوى :

أولاً : الاستنساخ الحيوي وانقسام الخلايا :

لكى يحافظ الكائن الحى على بقائه على سطح الأرض ، أو فى أى بيئة يعيش فيها، لابد أن ينمو ليستطيع الحياة فى البيئات التنافسية العالية ، وأن يتكاثر ليحافظ على نوعه من الانقراض .

لأداء هاتين الوظيفتين الضروريتين للكائن الحى لابد من انقسام خلاياه ، وذلك من خلال نوعين من الانقسام يخص أحدهما الخلايا التى تتكون منها غالبية أنسجته الحية والمعروفة بالخلايا الجسمية ، ويخص الثانى الخلايا المولدة للأمشاج التناسلية «المذكرة والمؤنثة» كما يلى ..

ويتابع المهندس حديثه قائلاً : سنتحدث أولاً عن الانقسام المباشر ، ثم يصمت قليلاً ويتابع حديثه مرة أخرى قائلاً :

تتكون خلايا الجسم من : غشاء خلوى وعضيات سيتوبلازمية ونواة ، وتحوى النواة المادة الوراثية المسئولة عن توجيه كافة العمليات الحيوية داخل الجسم ، ويعتبر النمو من العمليات الحيوية لخلايا الجسم ، ويحدث النمو إما بزيادة حجم الخلايا ، أو

بانقسام الخلايا ، ويتم هذا الانقسام تحت تحكم كامل من المادة الوراثية ، ولابد أن ترث الخلية الناتجة من هذا الانقسام نفس الطاقم الوراثى (كما وكيفا) الموجود بالخلية الأصلية المنقسمة ، ويعرف هذا الانقسام بالانقسام المباشر لعدم وجود بالخلية الاصلية المنقسمة ، ويعرف هذا هذا الانقسام بالانقسام المباشر لعدم وجود وسيط بيولوچى للوصول إليه ، بل يتم مباشرة من خلية ليعطى خليتين متماثلتين ومماثلتين للخلية المنقسمة ، ولكى تدخل الخلية فى هذه الدورة المباشرة من الانقسام لابد من مرورها بمراحل ما قبل الانقسام :

شيماء : وما هى هذه المراحل ياسيدى ؟

المهندس :

١- مرحلة ما قبل التناسخ : يتم فى هذه المرحلة تجهيز مستلزمات الانقسام «الدناوى »[١] ، وذلك بهدف مضاعفة المادة الوراثية لترث الخلايا الناتجة عن انقسام نفس المادة الوراثية ، ومن مستلزمات التناسخ تلك تكوين مختلف الإنزيمات الضرورية لحدوث تناسخ الدنا الوراثى ، وتكوين الفيوتيدات الجديدة .

٢- مرحلة التناسخ : يتم فى هذه المرحلة تضاعف الدنا الوراثى من خلال جهاز التناسخ وتكامل العديد من أدوار الجزئيات الحيوية داخل الخلية .

٣- مرحلة ما بعد التناسخ : يتم فى هذه المرحلة انقسام الأجسام الكرية القطبية «السنتريولات» . وهجرة كل سنتريول لأحد قطبى الخلية ، كما ينتج إنزيم الكيناز المفسفر الهستونى « **Histono -Phospho - Kinax**»

بعد مرور الخلية بمراحل ما قبل الانقسام السابقة تدخل الخلية مراحل الانقسام المباشر بتجهيز إنزيم « الكيناز المفسفر الهستونى » وكمية المادة الوراثية بها مضاعفة ، ومن ثم تزداد كثافة الدنا الوراثى ، وتظهر الكروموسومات « الحوامل الوراثية» [٢] بصورة مكدسة ومكثفة فى صورة كروماتين مكثف ، مما سيلزم فك هذا التكدس الكروموسومى من خلال تقليل الحلزنة للكروموسومات ، ومن ثم تظهر الكروموسومات فى صورة خيوط كروموسومية يمكن عدها ، ويعتبر ذلك تمهيداً لمرحلة الاصطفاف

(١) الانقسام الدناوى يعنى انقسام الدنا الوراثى المزدوج لشريطين مفردين يتم نسخ كل واحد منهما بعد ذلك إلى دنا كامل .

(٢) الحوامل الوراثية : «الكروموسومات» لكونها تحمل المادة الوراثية .

كروموسومى ، ولذلك تسمى هذه المرحلة من الانقسام « بالمرحلة التمهيدية » .

فى مرحلة الاصطفاف الخلوى تصطف الحوامل الوراثية وسط الخلية على طول مستوى المنصف لها بواسطة خيوط المغزل المشدود بواسطة جسمين قطبيين السنتريولان » ويدخل فى تكوين خيوط المغزل أيونات الكالسيوم « Ca^{++}» .

يلى هذه المرحلة حدوث انقسام للنقط الموصلة الكروماتيدية « السنترومير » (النقط التى تصل بين كروماتيدين ، وكذلك التعرض لقوة شد من خيوط المغزل مما يعمل على فصل الكروماتيدات عن بعضها ويكون لكل كروماتيد منفصل السنترومير الخاص به، ويعمل كل كروماتيد على نسخ نفسه مكوناً كروموسوماً جديداً .

أحمد : وما هو مصير هذه الكروموسومات ؟

المهندس : تتجه الكروموسات المتكونة ناحية القطب الخلوى ، وتعرف هذه المرحلة دوماً بالمرحلة الانفصالية » وعند استقرار الكروموسومات بأقطاب الخلية يتكون غشاء نووى حول كل مجموعة كروموسومية ، وتختفى خيوط المعزل ، بذلك تنتهى مراحل الانقسام النووى المباشر .

شيماء : وماذا يلى ذلك ؟

المهندس : يلى الانقسام النووى حدوث انقسام خلوى من خلال حدوث اختناق بجدار الخلية يزداد اتساعاً حتى يفصل الخلية إلى خليتين بكل منهما نفس الكمية من العضيات السيتوبلازمية ويحدث ذلك فى الخلية الحيوانية ، بينما فى الخلية النباتية تتكون صفيحة خلوية وسط الخلية تفصل الخلية إلى خليتين ، ومن ثم تكتمل مراحل الانقسام الخلوى .

أحمد : لكن كيف يتم التحكم الوراثى فى الانقسام المباشر ؟

المهندس : تتم عمليات الانقسام المباشر تحت سيادة كاملة من الطاقم الوراثى الذى يقوم بنسخ ذاته فى بداية مراحل الانقسام ، ويتم هذا النسخ تحت تشفير وراثى محدد مسبقاً ، ولولا وجوده ما تمت عملية النسخ ومضاعفة المادة الوراثية ، كما أن الخلية لا تدخل مراحل الانقسام إلا من خلال محفز يتمثل فى إنزيم الكيناز المفسفر الهستونى ، والذى يتكون تحت توجيه كامل من الطاقم الوراثى ، ويتحدد قطر

الخلية الذى ستصطف عليه الكروموسومات فى المرحلة الاستوائية طبقاً للمعلومات الوراثية الموجودة بالخلية .

يتحكم الطاقم الوراثى فى عملية انقسام السنتروير واستئصال الكروموسومات وتكوين الغشاء النووى الجديد من الشبكة الاندوبلازمية ، وعملية الانقسام الخلوى سواء بتكوين الصفيحة الخلوية الوسطية ، أو تكون الاختناق الخلوى .

أحمد : إن هذا لمدهش يا سيدى .

المهندس : إننى أؤمن بأن البعض سيندهش عندما يعرف مدى تحكم المادة الوراثية فى انقسام المادة الوراثية ، لكن فى الحقيقة هذا لا يمثل دهشة ، لأن بعض الچينات تتخصص فى التحكم فى انقسامات الطاقم الوراثى ذاته ، وذلك من خلال الدخول فى تفاعلات وراثية تؤدى إلى تكوين مادة أو أكثر تتحكم فى سير العمليات الحيوية المختلفة لتناسخ الأطقم الوراثية .

وقد أجريت العديد من الدراسات لاستخدام التحكم الوراثى فى العديد من المجالات التطبيقية المختلفة ، وسنوضح ذلك فى موضعه.

أحمد : ما النوع الثانى من الانقسام الخلوى يا سيدى ؟

المهندس : إنه الانقسام غير المباشر .

شيماء : نريد تبسيطاً أكثر عنه .

المهندس : تتخصص بعض الخلايا فى إنتاج الأمشاج التناسلية وتعرف بالخلايا المولد للأمشاج ، وتتميز هذه الخلايا بوجود نصف كمية المادة الوراثية الموجودة فى الخلية الجسمية .

والتى يمكن استعادتها بالتقاء هذه الأمشاج عند حدوث الإخصاب ، ومن ثم يحدث الحفاظ على نوع الكائن الحى من الانقراض .

يتم إنتاج الأمشاج من خلال عمليات الانقسام غير المباشر «الميوزى » والتى تمر بمرحلتين :

أحمد : ما هما ياسيدى ... نود تبسيطاً لهما ؟

المهندس : المرحلة الأولى :

يحدث فى هذه المرحلة دخول الخلية المولدة للأمشاج فى طور مضاعفة مادتها الوراثية ، وتكثف الكروموسومات ، ثم فك حلزنة الحوامل الوراثية « الكروموسومات » مع بقاء الغشاء النووى والنوية كما هما

يحدث بعد ذلك تزاوج بين الكرموسومات على طول الكروموسوم من خلال جهاز الاقتران ، والذى يتكون من ثلاثة أذرع ، ويحمل على الذراعين الخارجيين الكروموسومين المتقاربين، الذين يحدث لهما عبور بين القطع الكروموسومية «للكروموسومات الشقيقة » مما يساعد كثيراً على التباين الوراثى بعد ذلك ، ثم يحدث تنافر بين الكروموسومات المتزاوجة إلا فى أماكن العبور الوراثى « مناطق التصالب » والمعروفة بالكيازمات « chiasmata» والتى قد تكون وحيدة ، أو متعددة ويعتمد ذلك على :

- نوع الكائن الحى .
- طول الكروموسوم .
- شكل الكروموسوم .

شيماء : ثم ماذا يا سيدى ؟

المهندس : يختفى فى هذه المرحلة جهاز الاقتران وتتحرك مناطق التصالب للأطراف الكروموسومية ، مما يقلل من العدد المتواجد لها ، وبزيادة الانزلاق الطرفى لمناطق التصالب يحدث تشتت للكروموسومات الثنائية الوحيدة ، مع اختفاء الغشاء النووى .

تتكون بعد ذلك خيوط المغزل ،وتصطف الوحدات الثنائية فى مستوى استواء الخلية، ويكون التوزيع عشوائيا .

أحمد : وماذا يحدث للكروموسومات ؟

المهندس : يحدث انفصال لهذه الكروموسومات تجاه الأقطاب من خلال قوى الشد لخيوط المغزل ، حيث تحاط كل مجموعة كروموسومية بغشاء نووى ، وتتكون النواة، ثم يحدث الانقسام الخلوى لتتكون خليتين بكل منهما نفس المادة الوراثية .

ثم يتابع **المهندس** حديثه قائلاً :

المرحلة الثانية :

تدخل كل خلية ناتجة عن الاقتسام السابق فى دورة انقسامية جديدة لتنفيذ كمية المادة الوراثية الموجودة بها والتى تميز الخلايا التناسلية عن الخلايا العادية ، حيث تمر الخلية بالمرحلة التمهيدية والتى تعمل خلالها على فك التكدس الكروموسومى داخل النواة ، ثم ندخل فى المرحلة الاستوائية حيث تصطف الكروموسومات فرادى وليس فى أزواج .

تبدأ بعد عمليات الاصطفاف الكروموسومى فى مستوى استواء الخلية عملية الفصل الديناميكى للحوامل الوراثية «الكروموسومات» بتأثير قوى الشد الناتجة عن خيوط المغزل ، وقد أجريت دراسات عديدة لمحاولة فهم الأساس البيولوجى لقوى الشد الناتجة من خيوط المغزل ، وقد وجد أن لكل خيط مغزل مفرد معامل شد خاص به ، وقوة الشد النهائية تمثل المحصلة النهائية لقوى الشد المختلفة لكل قوة شد لكل خيط من خيوط المغزل .

أحمد : نريد أن تعبر لنا عن ذلك فى صورة رياضية يا سيدى ؟

المهندس : لكى نعبر بسهولة عن ذلك علينا صياغة ذلك بصورة رياضية ، فلو رمزنا لعدد خيوط المغزل بـ «**ق**» والقوة الناتجة عن شد كل خيط ق، والتى قد تكون **ق١** قوة الشد الناتجة عن خيط المغزل الأول ، **ق٢** قوة الشد الناتجة عن خيط المغزل الثانى ... إلخ ، ولمحصلة هذه القوى بالأمر «**ح**» .

فإن ح = ق١ + ق٢ + ق٣ .....ق ن

وبما أن قوى الشد فى خيوط المغزل ليست عمودية على «الكروموسوم» ومن ثم لابد من تحليل قوى الشد إلى مركباتها الأفقية والرأسية ، للوصول لقوة الشد السفلية.

شيماء : وماذا يتم فى نهاية هذه المرحلة ؟

المهندس : يتم فى نهاية المرحلة إحاطه كل مجموعة كروموسومية بغشاء نووى وتكشف النواة ، ويلى ذلك الانقسام الخلوى ، والذى تكون محصلته تكوين أربع خلايا مشيجية تحتوى على نصف كمية المادة الوراثية الموجودة بالخلية الجسمية .

أحمد : وكيف يتم التحكم الوراثى فى الانقسام غير المباشر ؟

المهندس : يتم التحكم الوراثى فى الانقسام غير المباشر من خلال آليات بيولوچية محددة، ثم يصمت المهندس ويتابع حديثه قائلاً :

تتم عملية الانقسام غير المباشر تحت تحكم وراثى كامل من أطقم وراثية متخصصة فى توجيه المادة الوراثية المشيجية لمضاعفة نفسها فى البداية ، ثم حدوث التزاوج والذى يتم على المستوى الجزيئى فى مرحلتين :

١ - حدوث تفاعل چينى يؤدى لتكوين جهاز الاتزان .

٢ - حدوث تفاعل چينى يؤدى لتحميل الكروموسومات الشقيقة على الذراعين الطرفيين لجهاز الاتزان .

يؤدى التزاوج الكروموسومى - كما سبق ذكره - إلى حدوث اقتران وتبادل للأطقم الوراثية المحملة على القطع الكروماتيدية ويتم ذلك وفقاً لتعليمات وراثية محددة، حيث توجه هذه المعلومات الأطقم الوراثية الموجهة لعمليات تكيف عالية المستوى لحدوث التبادل الكروموسومى ، بينما لا يحدث توجيه للأطقم الوراثية التى لن تلعب دوراً مهماً فى تكيف الكائن الحى مع البيئة .

ثم يصمت المهندس كثيراً فى تفكير عميق ثم يبادر أحمد وشيماء بالحديث قائلاً لهما : لقد كان العلماء يعتقدون أن توزيع الكروموسومات ذات الاتحادات الجديدة الناتجة من عمليات الاقتران والعبور الوراثى - السابق شرحها - تتم عشوائياً وذلك بهدف زيادة احتمالية التباين الناتج عن هذه العملية، لكن مع تقدم الدراسات ثبت أن عمليات التوزيع تلك تتم فى إطار حركى « ديناميكى» محدد وفقاً لبرنامج وراثى موجود ويوجه حركة الكروموسومات تجاه الأقطاب بحيث يعطى هذا التوزيع أكبر نسبة تباين ممكنة ، ولابد أن تكون الخليتان الناتجتان من انقسام خلية واحدة متساويتين فى كمية المادة الوراثية مع وجود اختلافات فى ترتيب النيوتيدات الموجودة بكل خلية .

أحمد : لكن هل يوجد تحكم من المادة الوراثية فى معدل الانقسام الخلوى ؟

المهندس : التحكم الوراثى فى معدل الانقسام الخلوى عملية معقدة جداً ودقيقة جداً ، فكما ذكرنا من قبل تتم دورة الانقسام الخلوى بمقياس زمنى محدد ، له نقطة

بداية، وله نقطة نهاية ، وتحليلنا لهذا المقياس الزمنى لا يكون كلية فقط ، بل لابد من تحليل المقياس الزمنى لكل مرحلة من مراحل انقسام الخلية ، ويمكننا التعبير رياضياً عن ذلك :

$$ز ك = ز_١ + ز_٢ + ز_٣ .... ز ن$$

حيث يشير « ز ك » إلى الزمن الكلى لدورة انقسام الخلية ، والذى يختلف من خلية لأخرى ويتوقف على العوامل الآتية :

شيماء : ما هى يا سيدى ؟

المهندس :

١- نوع الكائن الحى : لكل نوع طاقم وراثى مختلف عن الأنواع الأخرى، ومن ثم فلن تسير خلاياه بمعدل انقسام متساو مع نوع آخر .

٢- نوع الخلية : تختلف الخلايا فى معدل انقسامها طبقاً لمعدل التفاعلات الوراثية الموجهة لعمليات الانقسام فخلايا القلب تختلف عن خلايا الرئتين ، عن خلايا الدم ... إلخ ، كما أن بعض الخلايا لا تدخل فى دورة اقتسامية لعدم وجود الطاقم الوراثى الموجهة لهذه العمليات كالخلايا العصبية .

٣- حالة الاستقرار للخلية : لا يسير الانقسام الخلوى بنفس المعدل : لخلية تمر بظروف طبيعية ، وخلية أخرى متعرضة لحالة توتر خلوى ، مما يؤثر على عمليات التعبير الوراثى للأطقم الموجهة لعمليات الانقسام .

٤- مستويات الطاقة للخلية : لكل خلية مستوى محدد من مستويات الطاقة، والذى يسمح بدخول الخلية فى دورة انقسام جديدة ، ويعرف مستوى الطاقة ذلك «بالمستوى الحرج للانقسام» ، والذى لا تستطيع الخلية دخول دورة الانقسام ما لم يتوافر، يمثل المستوى الحرج للانقسام النقطة التى تبدأ عندها الخلية الدخول فى مراحل انقسام جديدة ، عند توافر أى زيادة فى مستوى الطاقة عن المستوى الحرج .

شيماء : إذن فالعلاقة وثيقة بين دخول الخلية فى مراحل الانقسام وتوافر الطاقة ؟

المهندس : لكى تستمر الخلية فى مراحل الانقسام لابد من توافر مستوى طاقة محدد لكل مرحلة ، ولا تتساوى المراحل المختلفة لانقسام الخلية فى مستويات الطاقة

الخاصة بها ، ويمثل ذلك أحد الوسائل المقترحة لاحداث تحكم فى مراحل انقسام الخلية .

يمكن من خلال العوامل السابقة إحداث تحكم فى المعدل الزمنى لانقسام الخلية من خلال التقنيات الآتية :

١- الاستنساخ الكامل للأطقم الوراثية :

يتم فى هذه التقنية استنساخ الأطقم الوراثية الموجهة لعمليات الانقسام الخلوى ، وإيلاجها من خلال الجراحات الجينية داخل الخلايا التى بدأت أطقمها الوراثية تعانى من تذبذب فى مستوى طاقتها ، والتى قاربت على الدخول فى أطوار الشيخوخة نتيجة للتراكم العالى للمواد الغذائية المختلفة .

أحمد : وهل يمكن الاستفادة من هذه التقنية يا سيدى ؟

المهندس : يمكن استخدام هذه التقنية فى نواحى عديدة منها :

(أ) الحفاظ على حيوية الخلية ومنع دخولها فى طور الشيخوخة:

تحدث الشيخوخة لتراكم العديد من الأجسام التالفة فى الخلية، مما يؤدى إلى تأثير فى تكوين الجزيئات البيولوجية بالخلية ولا سيما على مستوى الأطقم الوراثية ، ويؤدى ذلك إلى نقص المعدل التكاثرى للخلية ، وهذا يسرع من دخول الخلية فى أطوار الشيخوخة ، ويمكن تأخير حدوث ذلك من خلال إدخال أطقم وراثية مستنسخة إلى داخل الخلية ، بهدف إحلال الطاقم الوراثى الجديد محل الطاقم الوراثى الأصلى ، أو إدخال منشطات جينية مستنسخة «أطقم وراثية متخصصة فى تنشيط الأطقم الوراثية» مما يؤدى لرفع مستوى الطاقة للطاقم الوراثى ، ويؤدى إلى انتظام دورة الانقسام من جديد .

(ب) محاولة إجبار الخلايا العصبية على الانقسام :

تدخل جميع خلايا الجسم فى دورات انقسام ما عدا الخلايا العصبية وذلك لعدم وجود الطاقم الوراثى الموجه لتلك العمليات ، وقد افترض لتفسير ذلك نظريتان .

أحمد : ما هما يا سيدى ؟

المهندس : أولا النقص الوراثى :

تقترح هذه النظرية معاناة الخلية العصبية من حدوث نقص فى الطاقم الوراثى الموجه لعمليات الانقسام ، ولابد فى هذه الحالة من إدخال أطقم وراثية متخصصة فى عمليات التوجيه الانقسامى ، و مستنسخة من أطقم وراثية لخلايا قريبة وراثيا ووظيفيا من الخلايا العصبية.

ثانيا : الكمون الوراثى : تقترح هذه النظرية أن الطاقم الوراثى الموجه لعمليات الانقسام موجود لكنه لا يستطيع أن يعبر عن نفسه ، وذلك لتعرضه للتثبيط من جينات أخرى ، ولابد فى هذه الحالة من إزالة هذا التثبيط إما باستئصال الجينات المثبطة من الطاقم الوراثى ، أو إدخال جينات مستنسخة مضادة للجينات المثبطة ، مما يعمل على تحفيز تعبير الطاقم الوراثى عن نفسه ، ودخول الخلايا فى دورة انقسام .

شيماء : لكن هل يمكن اختصار هذا المعدل يا سيدى ؟

المهندس : اختصار معدل الانقسام يعتبر من التطبيقات المهمة التى يطمح لتحقيقها العلماء .

أحمد : نود منك يا سيدى تبسيط ذلك لنا ؟

المهندس : يحدث تعجيل مراحل الانقسام ـ كما سبق أن ذكرنا ـ وذلك من خلال تقليل المعدل الزمنى لتغيير الجينات الموجهة للانقسام عن نفسها من خلال رفع العوامل المشجعة على ذلك ، والتى تشمل :

١ – رفع مستوى الطاقة للطاقم الوراثى لأعلى مستوى .

٢ – تثبيط الجينات المضادة للأطقم الوراثية لأدنى مستوى.

٣ – إدخال جينات منشطة للأطقم الوراثية الموجهة لعملية الانقسام.

يتم استنساخ الجينات المدخلة للخلية من قوالب جينية مأخوذة مباشرة ، أو محفوظة فى بنوك الجينات.

إن العديد من العلماء يأملون فى الوصول من خلال ذلك إلى إجبار الخلية على الدخول فى مراحل انقسام بمعدل قصير جدا ، وهذا يتيح دخول الخلية فى مراحل

انقسام متكررة ، ويعتبر ذلك أساساً الاستنساخ العضوى ، وتفيد تلك التقنية فى توفير آلية بيولوجية جديدة لإنتاج الأعضاء الحيوية للجسم كالبنكرياس ، والقلب ، والكبد ، والكليتين ، كما توجد دراسات متعددة ، وإن كانت فى مراحلها الأولى تهدف إلى محاولة نقل جينات مستنسخة موجهة لحدوث الانقسام للخلايا العصبية ، مع إجبارها على الدخول فى مراحل انقسام متكررة بما قد يوفر آمالا عديدة فى إمكانية التغلب على التلف الذى قد يصيب الخلايا العصبية ، وبخاصة مراكز التحكم فى المخ كما فى حالة السكتات المخية .

أحمد : وبماذا سيفيدنا الاستنساخ العضوى يا سيدى ؟

المهندس : إن الاستنساخ العضوى المبنى على أساس الاستنساخ الجينى ، سيؤدى إلى طفرة هائلة فى عالم الطب ، ولا سيما فى العلاج بالجينات ، وقد ازداد الأمل مع تقدم مشروع الجينوم البشرى فى رسم خريطة كاملة لجينات الإنسان ،مما سيجعلنا نضع أيدينا على مختلف الجينات المعطوبة والتى تحتاج لإصلاح .

(جـ) تقنية الانقسام حسب الطلب :

يهدف الانقسام الخلوى إلى زيادة عدد الخلايا ، وذلك بغرض النمو أو تعويض ما يتلف من خلايا الجسم ، وفى الكائنات الأولية «لا مميزة النواة»[١] مثل البكتيريا يؤدى الانقسام إلى تكاثر الكائنات الحية ، فالبكتيريا تدخل فى دورة انقسامية تكون نتيجتها خليتين متماثلتين وراثيا ومماثلتين للفرد الأبوى «الخلية الأم» وتعتبر كلا من هاتين الخليتين كائنا حيا جديداً.

شيماء : وهل توجد كائنات حية لا تمارس الانقسام الخلوى ؟

المهندس : لا تمارس بعض الكائنات الانقسام الخلوى مطلقا ، وذلك لعدم امتلاكها للجينات المسئولة عن توجيه عمليات الانقسام ، مثل الفيروسات والتى تتكاثر بتسخير خلايا العائل «الخلية المصابة» بالسيطرة على طاقمها الوراثى وتدمير البرنامج الوراثى له ، ثم إجبار الخلية على الالتزام التام ببرنامج الفيروس الوراثى ، ومن ثمّ تقوم الخلية المصابة (العائل) بتصنيع الحامض النووى للفيروس والبروتينات الأخرى المكونة

---

(١) الكائنات لا مميزة النواة : كائنات حية تتميز بعدم وجود غشاء نووى حول النواة ومن ثم تصبح النواة سابحة فى السيتوبلازم .

لجسم الفيروس، ثم يحدث تجميع لهذه المكونات ليتكون مائة فيروس جديد في الدقيقة .

شيماء : وهل توجد حالات شاذة أخرى يا سيدى ؟

المهندس : فى بعض الكائنات الحية الأخرى وجد أنها تدخل فى الدورة الانقسامية ، وتستمر مراحل الدورة فى تتابع مستمر حتى يكتمل الانقسام النووى ، وتتوقف دورة الانقسام عند ذلك الحد ، ولا يحدث الانقسام الخلوى ، ويتم ذلك وفقا لمعلومات وراثية محددة، ويؤدى حذف الانقسام الخلوى من الدورة الانقسامية إلى مضاعفة حجم الخلية ، ولا يؤدى إلى زيادة عدد الخلايا . إن دراسة الأساس الوراثى الذى يوجه انقسام الخلايا لأداء غرض محدد ، سيجعلنا نضع أيدينا على الغرض الذى نريده من انقسام الخلية ، بما يمكن أن نسميه بـ «تقنية الانقسام حسب الطلب» وهذا يتم بناء على رغبتنا :

هل نريد زيادة فى الحجم ؟

هل نريد زيادة فى العدد ؟

هل نريد بناء كائنات حية جديدة من الانقسام ؟

لقد أوجدت هذه الدراسات مجالا رحباً للعديد من التطبيقات المختلفة .

أحمد : ما هى يا سيدى ؟

المهندس :

١- **إنتاج ثمار كبيرة الحجم** : يمكن من خلال التحكم فى الطاقم الوراثى حذف مرحلة الانقسام الخلوى من الخلية ، ومن ثم تتيح للخلية زيادة حجمها ، يتم هذا التوجيه الوراثى من إدخال استنساخ الجينات المسئولة عن وقف مراحل الانقسام عند اكتمال مراحل الانقسام النووى من الخلايا الموجودة بها تلك الجينات ، ثم يتم إيلاج هذه الجينات داخل الخلايا الثمرية ، من خلال تقنيات عالية المستوى لضمان تعبير هذه الجينات عن نفسها ، وقد تم إنتاج العديد من الثمار كبيرة الحجم، ولا سيما ثمار الفواكه وبعض الخضراوات .

٢- **التحكم فى أطوال الكائنات الحية** : يمكننا من خلال التحكم فى نوعية

لأطقم الوراثية داخل الخلايا المنقسمة وذلك باستئصال بعض الجينات غير المرغوبة ، أو استنساخ جينات ، وإيلاجها داخل الطاقم الوراثى ، وذلك بهدف إحداث تحكم فى معدل انقسام الكائنات الحية من خلال مستويين :

أولا : إحداث انقسام متكرر مستمر :

شيماء : وماذا سيقدم لنا ذلك ؟

المهندس : يوفر ذلك إنتاج نباتات الأعلاف بأقصى طول ممكن ، ومن ثمّ تحقق عائداً اقتصاديا كبيراً ، ويتم تنفيذ نفس التقنية مع النباتات التى تحتاج طاقة ضوئية عالية لإتمام عملية التمثيل الضوئى ، وتكوين المواد الغذائية المختلفة للنبات.

ثانيا : إحداث تثبيط للانقسام فى الاتجاه الطولى وتنشيطه فى الاتجاه العرضى .

أحمد : وما جدوى ذلك يا سيدى ؟

المهندس : ستتيح تلك التقنية إنتاج نباتات عديدة بأطوال قصيرة ، مع زيادة فى حجمها، وهذا سيكون مجديا من الناحية الاقتصادية مع نباتات الفاكهة ، فقصر هذه النباتات يؤدى إلى يسر وسهولة فى عمليات قطف الثمار .

٣- تثبيط السيطرة الوراثية الفيروسية على خلايا العامل : يسيطر الفيروس من خلال قذف مادته الوراثية داخل خلايا العائل ، ويسخرها لتصنيع مكوناته الحيوية ، وبتجميع هذه المكونات يتم إنتاج مائة فيروس جديد فى الدقيقة ، وقد تم دراسة السيطرة الوراثية على خلايا العائل فى العديد من مراكز أبحاث الفيروسات والسرطان ، وقد نجح بعض العلماء مؤخراً فى عام ١٩٩٨م ، فى كشف الجينات الفيروسية التى توجه الطاقم الوراثى للسيطرة على الطاقم الوراثى للخلية العائلة ، وفى تطور آخر لنفس التجربة أعلن الباحثون عن نقل نتيجة كشفهم ذلك إلى المجال التطبيقى من خلال محاولة تصنيع جينات مثبطة للجينات الموجهة لعمليات السيطرة الوراثية غير الرسمية على الميكروب ، ويتم تصنيع هذه االجينات من خلال تقنية الاستنساخ العكسى الوظيفى والذى يهدف إلى استنساخ أطقم وراثية لأداء وظائف مثبطة لوظائف قائمة .

(هـ) تقنية الأطقم الوراثية الخليطة :

شيماء : خليطة ... ماذا يعنى ذلك يا سيدى ؟

المهندس : تعرضنا فيما سبق من تقنيات إلى إدخال جينات مستنسخة محددة لأداء غرض واحد محدد ، لكن فى هذه التقنية يتم إدخال أكثر من مجموعة جنينية لأداء العديد من الوظائف الجديدة للخلية ،ومثال ذلك إنتاج نبات كبير الحجم ، صغير الطول ، منتج للفيتامينات والبروتينات والدهون والكربوهيدرات ، ويعمل على تثبيت الآزوت من الجو «فهو ليس فى حاجة إلى إضافة أسمدة آزوتية» ومن الممكن جعله منتجاً للعديد من المواد الدوائية .

هذه الصفات المذكورة للتمثيل فقط لكن قد تقل عند إجراء التجارب العملية ، لكن يبقى الأساس العلمى قائما فى الوصول لهذا المستوى ، ويتم استنساخ الجينات المختارة من الخلايا المحتوية عليها ، وحفظها بعد ذلك فى بنوك الجينات ، أو استخدامها، ولكى يتم إنتاج نباتات ، أو كائنات حية أخرى حيوانية أو نباتية لإنتاج خليط من المواد ، لابد من إيلاج الجينات المختلفة فى الحوامل الوراثية للخلايا المشيجية فى الطور الاستوائى ، حيث يتيح ذلك دخول هذه الجينات فى الموروث الجينى الذى يتم توزيعه على كل خلية ناتجة بعد ذلك عند حدوث الإخصاب ، وتكون الخلية الجنينية الأولى .

أما فى حالة التكاثر اللاجنسى فيتم إيلاج هذه الأطقم الوراثية فى الخلايا النشطة انقساميًا ، ليتم توزيعها كموروث جينى لجميع الخلايا بعد ذلك .

أحمد : وقد بدا عليه الملل وهو يقول ... ثم ماذا يا سيدى ؟

تكشف الخلايا :

المهندس : يبدو أنك مللت الحديث يا أحمد !

أحمد : لا بل هو حديث ممتع للغاية ، ونحن منصتون تماما لحديثك يا سيدى ؟

شيماء : وإذن فقد التزمنا بالشرط !

المهندس : وهو سعيد قائلا ، وأنا سأكمل لكما حديثى يا عزيزىّ ، فمن الجوانب المهمة فى تطبيقات الاستنساخ تكشف الخلايا.

أحمد : وماذا تعنى يا سيدى بتكشف الخلايا ؟

المهندس: التكشف هو التخصص الذى يطرأ على كل خلية لتؤدى وظائف محددة ، فخلايا كرات الدم الحمراء متخصصة فى حمل الأكسجين ، من خلال مركب الهيموجلوبين والذى يتحول إلى مركب الهيموجلوبين المؤكسج «أكس هيموجلوبين» ، وخلايا كرات الدم البيضاء تتخصص فى التهام الميكروبات الغازية للجسم، وإبطال سمية ما تفرزه من مواد فى الأنسجة .

تتخصص بعض خلايا القناة الهضمية فى إفراز العديد من الإنزيمات الهاضمة ، ولكل إنزيم مادة محددة يعمل عليها ، وتتخصص بعض الخلايا الأخرى فى امتصاص الغذاء المهضوم ، وتقوم بعض الخلايا بتمثيل هذا الغذاء للاستفادة منه .

تظل بعض الخلايا بدون تخصص مثل الخلايا الإنشائية فى القمة النباتية ، والتى يمكن من خلالها إنتاج نبات كامل.

شيماء: وما علاقة المادة الوراثية بهذا التكشف ؟

المهندس: تتحكم المادة الوراثية فى جميع عمليات التكشف والتخصص السابقة ، وقد أجريت العديد من الدراسات بهدف فهم الميكانيكية التى يحدث بها التحكم الوراثى فى عمليات التكشف ، فكما سبق أن ذكرنا أن الفرد يبدأ بخلية جنينية أولية ناتجة عن اتحاد المادة الوراثية الأبوية مع المادة الوراثية الأمية ، أو نتيجة لنقل نواة خلية جسمية إلى خلية بويضة مفرغة النواة ، مما يؤدى إلى تكون الخلية الجنينية ، وذلك لارتداد الطاقم الوراثى للخلية الجسمية إلى الحالة الجنينية . يتميز الطاقم الوراثى للخلية الجنينية بقدرته على تكوين جميع الأعضاء ، فهو يوجه جميع الوظائف ، ومن ثمَّ فالمرونة الجنينية تكون أكبر ما يمكن فى الحالة الجنينية ، ثم تنخفض تدريجيا ، لتصل إلى الحد الحرج عند دخول الخلايا فى مرحلة الشيخوخة .

أحمد: وكيف يمكن الحكم على القدرة التوجيهية للطاقم الوراثى ؟

المهندس: لم يكن الحكم على قدرة الطاقم الوراثى على توجيه جميع الوظائف الحيوية أمراً سهلا ، بل خضع لدراسات عديدة تم فيها تجزئة الخلية الجنينية الأولية إلى أجزاء عديدة ، وزراعة كل جزء داخل رحم مستقل ، فنما كل جزء ليعطى جنينا كاملا ، وعند إجراء نفس التجربة مع تثبيط الطاقم الوراثى ، لم يحدث نمو.

وعند إجراء نفس التجربة من خلال نقل طاقم وراثى لخلية جسمية تم إجبارها على الارتداد وراثيا للحالة الجنينية ـ كما أوضحنا ذلك سابقا ـ استعاد الطاقم الوراثى حالة المرونة الوراثية القصوى ، واستطاع أن يعبر عن نفسه ويوجه خلية البويضة منزوعة النواة إلى تكوين الخلية الجنينية الأولى ، ثم تتابع نمو الخلية الجنينية الأولى وتمايزها إلى فرد كامل كما فى «دوللى» .

تنخفض المرونة الوراثية فى الخلية المتخصصة ، وذلك لنشاط الجينات المسئولة عن توجيه نواحى التخصص فقط فى هذه الخلايا، أما باقى الجينات المكونة للطاقم الوراثى للخلية فتتعرض لحالة كمون وراثى مشفر له سابقا منذ لحظة اتحاد البويضة بالحيوان المنوى ، أو اتحاد حبة اللقاح بالبويضة ، أو وضع نواة خلية جسمية فى الفراغ النووى للبويضة .

شيماء : وكيف يتم إخراج هذه الجينات من ذلك الكمون يا سيدى ؟

المهندس : لإخراج هذه الجينات من حالة الكمون التى تعرضت لها لابد من إجبار هذه الأطقم كجزيئات حيوية على التفاعل مع البيئة الحيوية الموجودة بها ، وذلك من خلال التفريغ الغذائى للخلية الجسمية ، مما يجعل هذه الجينات تخرج من كمونها لتعبر عن نفسها كوسيلة لحماية الخلية من الفناء ، وقد أمكن استغلال ذلك فى تجارب الاستنساخ الحيوى كما سبق أن ذكرنا .

يمكننا القول بأن الطاقم الوراثى يتحكم فى عمليات التكشف والتخصص من خلال عدة عوامل :

العوامل التى تتحكم فى عمليات التكشف والتخصص :

أحمد : ما هى يا سيدى ؟

المهندس : (أ) الأداء الوظيفى للجين فى الطاقم الوراثى :

يتوقف تأثير الجين فى تخصص الخلايا على الوظيفة التى يشفر لظهورها هذا الجين ، فالجين الذى يشفر لجعل كرات الدم الحمراء حاملة للأكسجين ، يختلف عن الجين الذى يشفر لجعل كرات الدم البيضاء تلتهم الميكروبات التى تغزو جسم الإنسان ، ويعتمد الأداء الوظيفى للجين على نواحى كثيرة نذكر منها .

١- موضع الجين فى الطاقم الوراثى :

يحدد موقع الجين فى الخريطة الوراثية مدى كفاءة الجين فى أدائه لوظائفه ، وبخاصة فى الصفات التخصصية التى تحتاج لتوجيهها إلى أكثر من جين ، ولابد أن يكون أداء هذه الجينات متكاملا ، ومن ثمَّ فتغير موقع الجين يؤدى إلى منع حدوث هذا التكامل وتعطيل الآلية البيولوجية للتخصص .

٢- تعبير الجين عن نفسه :

قد يتواجد الجين فى موقعه من الخريطة الوراثية لكن مستوى طاقته لا يسمح له بالتعبير عن نفسه ، أو أن الظروف البيئية المحيطة تحجب هذا التعبير ، ومن ثمّ يحدث اختلال فى عمليات التخصص التى يوجهها الجين .

٣- عدد الجينات المسئول عن صفة التخصص :

قد تحتاج صفة التخصص لخلية إلى جين واحد ، وقد تحتاج صفات أخرى إلى أكثر من جين ، حيث يتكامل فعل هذه الجينات للقيام بأداء التخصص المطلوب ، وعند حدوث نقص فى عدد هذه الجينات ، فإن أداء صفة التخصص لن يكتمل.

٤- نوع الجينات المسئولة عن صفة التخصص :

لكل صفة تخصصية للخلية جين محدد مسئول عنها ، ويتضح ذلك جليًا فى الخلايا ثنائية أو عديدة التخصص ونوع الجين لها فى هذه الحالة ، فالتعبير الجينى يختلف من جين لآخر ويتوقف ذلك على نوعية الجين الذى يتوقف على تركيبه .

(ب) التفاعل الجينى فى الطاقم الوراثى :

وجود التوزيع المحدد للجينات داخل الأطقم الوراثية ، لا يعنى الحرية الكاملة لكل جين فى التعبير عن نفسه ، لوجود علاقات حتمية مرتبطة بغيره من الجينات ، وهو ما يسمى بالتفاعل الجينى والتى يمكننا ذكرها فيما يلى :

العلاقة التكاملية : فى هذه العلاقة يدخل كل جين فى تفاعل وراثى مستقل ، ويمثل كل تفاعل وراثى لجين ما جزءًا من التفاعل الوراثى الكلى للجينات الموجود ، فكل تفاعل يكمل التفاعل الآخر لكى تظهر الصفة الوراثية ، وقد يشمل التفاعل الوراثى الكلى أكثر من تفاعل وراثى جزئى ـ عند غياب أحد التفاعلات الوراثية

الجزيئية لغياب الجين الموجه لحدوثه ، لاتكتمل سلسلة التفاعلات الوراثية الكلية ، ومن ثمّ لا تظهر الصفة الوراثية.

ـ **العلاقة العكسية** : فى هذه العلاقة يدخل كل جين فى تفاعل وراثى ، ويمكنه أن يعبر عن نفسه بكفاءة وراثية عالية ، لكن هذا التعبير الجينى يتعرض للتثبيط عند حدوث تفاعل وراثى آخر مضاد لهذا التفاعل ، ويحدث هذا التفاعل طبقا لتوجيه جين مضاد فى الطاقم الوراثى ، مما يصيب التفاعل الوراثى الكلى بالاختلال ، ويؤدى ذلك إلى عدم ظهور الصفة الوراثية .

ـ **العلاقة الحديثة** : تختص هذه العلاقة بدراسة أثر بعض الجينات فى تنشيط بعضها بعضا ، لكن لا يحدث تكامل فى التفاعلات الوراثية لكلا الجينين ، لكن الذى يحدث هو حث جينى لتنشيط جين ما ليبدأ فى التعبير عن نفسه ، ومن ثمّ إظهار الصفة الوراثية ، ويفيد ذلك فى إخراج الجينات الكامنة وراثيا من حالة كمونها ـ وقد تم تصنيع العديد من المحثات الجينية بتقنية الاستنساخ الجينى ، مع تصنيف هذه المحثات طبقا للجينات المسئولة عن نشاطها ، وهناك آمال كثيرة معقودة على استخدام المحثات الجنينية للتغلب على العديد من الأمراض الوراثية الناتجة عن اختلالات وراثية .

ـ **المحثات اللانووية** :

أحمد : لكن ماذا عن المحثات اللانووية يا سيدى ؟

المهندس : تتواجد المادة الوراثية للخلية فى النواة ، ويتمثل ذلك فى شريط الدنا الوراثى «**D. N . A**» ومع تقدم الدراسات اتضح وجود المادة الوراثية خارج النطاق النووى ، حيث توجد المادة الوراثية فى بعض عضيات السيتوبلازم كالميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء ، وتختلف الأطقم الوراثية لهذه العضيات قليلا من الطاقم الوراثى داخل النطاق النووى ، وهذا يوجد فروقًا فى التوزيعات الوراثية .

ومن خلال الدراسات التى أجريت لفهم الوراثة النووية والوراثة اللانووية ، والعلاقة بينها اتضح وجود محثات فى السيتوبلازم تؤثر فى تعبير الأطقم الوراثية داخل النواة ومن ثمّ فالصفات الوراثية التى يحكمها عوامل وراثية داخل النواة لا تظهر ما لم تتوافر المحثات السيتوبلازمية التى توفر للأطقم الوراثية التعبير عنها .

شيماء : وما هى أهمية التحكم الوراثى لعمليات التخصص فى حياة الكائن الحى ؟

المهندس : يحدث التخصص نتيجة لتشفير وراثى سابق لشكل جين فى الطاقم الوراثى ، وهذا يوفر آلية بيولوجية تمكن الكائن الحى من وجود إمكانات للتغلب على الظروف البيئية السيئة وقد شملت الدراسات التى اهتمت بهذا المجال نماذج محددة.

أحمد : ما هى هذه النماذج يا سيدى ؟

المهندس : النباتات النامية فى درجات ملوحة عالية :

تؤدى درجات الملوحة الزائدة إلى زيادة الضغط الأسموزى خارج الخلية النباتية على الضغط داخلها ، ومن ثمّ فقد الماء باستمرار من داخل الخلية إلى خارجها ، مما يؤدى إلى إصابة النبات بالجفاف ، وموته.

شيماء : ألا توجد نباتات تشذ عن تلك القاعدة ؟

المهندس : بالدراسة وجدت نباتات عديدة تشذ عن هذه القاعدة ، فبعض النباتات وجد أنها تنمو فى بيئات ذات درجات ملوحة عالية جداً ، وقد مثلت حالات الشذوذ تلك موضع اهتمام العديد من المراكز البحثية العالمية ، وقد استطاع العلماء إثبات وجود جينات معينة فى تلك الأنواع التى تتحمل درجات الملوحة العالية توجه هذه النباتات التى تتحمل الملوحة الزائدة ، وإعادة الإتزان الأسموزى للنبات ، وذلك من خلال توجيه عديد من التفاعلات الوراثية التى تكون مواد معينة تعيد الاتزان الأسموزى ، وذلك من خلال وضع الضغط الأسموزى داخل الخلية.

شيماء : وهل تمكن العلماء من التعرف على هذه الجينات ؟

المهندس : قد تم كشف جميع هذه الجينات ودراسة تتابعاتها من النيوتيدات، واستنساخ هذه النيوتيدات وحفظها فى بنوك الجينات، ومحاولة إيلاج هذه الجينات فى الأطقم الوراثية للنباتات العادية ، لتوفير المرونة الوراثية الكافية لحياة تلك النباتات فى بيئات ذات ملوحة عالية ، ولاسيما النباتات ذات الأهمية الاقتصادية ، والتى يستفيد منها الإنسان فى حياته .

٢- النباتات التى تتحمل الجفاف :

يمثل الماء أكثر من ٩٠٪ من الوزن الرطب للخلية الحية وهو أساسى فى حدوث

جميع التفاعلات الحيوية داخل الخلية ، ومن ثمَّ فغياب أو نقص الماء يعطل من حدوث هذه التفاعلات الحيوية داخل الخلية ، ومن ثمَّ فانخفاض حجم الماء عن مقدار معين يؤدى إلى تثبيط كافة العمليات الحيوية ، ومن ثمَّ إلى موت النبات، أو الكائن الحى عامة .

ورغم أن حياة الكائن الحى تستحيل فى غياب الماء ، فإن بعض الكائنات الحية تستطيع الحياة عند حدوث نقص كبير فى حجم الماء ، وذلك من خلال العديد من التحورات .

أحمد : مثل ماذا يا سيدى ؟

المهندس : تخزين الماء فى بعض أجزاء الجسم كالغدد المائية والنموات العصارية .

تقليل فقد الماء من خلال حماية خارجية كترسيب مادة اللجنين فى جدر الخلايا النباتية ، وتقليل عدد الثغور بالأوراق ، وإحاطة الموجود من هذه الثغور بالشعيرات المظللة لها ، والتى تقلل من مقدار الطاقة الضوئية الواصلة إلى الثغور .

زيادة كفاءة الامتصاص للشعيرات الجذرية فى النبات بالامتداد العميق المنتشر ، وزيادة عدد خلايا الامتصاص ، وتصل كفاءة النقل فى الأوعية الناقلة كأقصى ما يمكن ، وهذا يوفر آلية عالية لوصول الماء إلى أعضاء التخزين.

امتصاص الماء البخارى من الهواء وذلك من خلال امتداد شعيرات ماصة من الورقة أو الساق ، وتعمل على امتصاص ما يحيط بها من بخار ماء ونقل هذا البخار فى صورة سائلة بعد ذلك إلى أماكن التخزين بالنبات.

لقد كان العلماء قبل تقدم تقنية الجينات والتحكم الوراثى فى الأداء الفسيولوجى يعتقدون أن قدرة كائن حى ما على الحياة فى ظل الظروف الجافة يتوقف على مجموعة من التحورات التركيبية والوظيفية ، لكنهم كانوا يجهلون السبب الرئيسى الكامن وراء توجيه هذا التحور.

ومع تقدم هندسة الجينات استطعنا الإجابة عن السؤال الملح ..

شيماء : ما هو ؟

المهندس : ما الشيء الكامن وراء الأداء الفسيولوجى المنضبط فى الكائن الحى ؟

لقد وجدنا أن المتحكم الوراثى فى توجيه تلك العمليات الوظيفية هى الجينات من خلال المعلومات الوراثية الموجودة بها ، والتى تترجم فى صورة سلوك للكائن الحى .

بل واستطعنا الوقوف على العديد من هذه الجينات ، ومنها الجينات الموجهة للأنسجة والخلايا للدخول فى آليات تحورية لحماية نفسها من عوامل الجفاف ، ولا تتساوى هذه الجينات فى درجة التعبير عن نفسها فى كل الكائنات الحية ، وذلك للعلاقة الوثيقة بين هذه الجينات ، وغيرها من الجينات فى الطاقم الوراثى، وهذا يضعنا أمام استفسارات عديدة ، ثم يبتسم موجها حديثه لأحمد قائلا : حتما ستسأل كالعادة : وما هى تلك الاستفسارات ، وحتى أوفر لك قليلا من الوقت سأذكرها لك قبل أن تسأل عنها ، ويضحك الثلاثة ، ويكمل المهندس حديثه عن تلك الاستفسارات قائلا :

هل سيعاون الطاقم الوراثى جينات الحالات الحرجة فى التعبير عن نفسها ؟

هل مستوى طاقم هذه الجينات ستمكنها من أداء وظائفها كما هو متوقع ؟

هل تتواجد جينات الحالات الحرجة فى كل الكائنات الحية ، لكن مدى تعبيرها الجينى مختلف ؟ أم أنها تتواجد فى كائنات ، ولا تتواجد فى كائنات أخرى ؟

٣- الكائنات الحية المقاومة للإشعاع :

يمتلئ الكون بالعديد من الأشعة الصاعدة عن تأين الجسيمات الذرية ، وتختلف الموجات الإشعاعية الصادرة فى أطوالها الموجية ، والذى يحكم كمية الطاقة الناتجة عنها ، وقد وجد من دراسات الموجات الإشعاعية الصادرة فى أطوالها الموجية ، والذى يحكم كمية الطاقة الناتجة عنها ، وقد وجد من دراسات الموجات أن كمية الطاقة المحمولة فى الموجة تتناسب عكسيا مع طول الموجة ، ويمكننا التعبير رياضيا عن هذه العلاقة : $ك_{ط} \propto \frac{١}{ل}$ حيث نرمز لكمية الطاقة الناتجة بـ ($ك_{ط}$) والطول الموجى بالرمز «ل» .

وقد اهتمت الدراسات بإيجاد معامل الطاقة للموجة الصادرة وكيفية التحكم فيه ، واستخدامه فى تقنيات مختلفة . إن معظم الموجات المنتشرة فى الكون ذات تأثير متلف ومضر بالخلايا الحية ، والبعض منها يصيب الطاقم الوراثى بالاختلال فى تعبير

الجينات التى يحتويها عن نفسها ، ومن ثمّ إصابة العديد من الخلايا بالسرطنة .

شيماء : وما هو مدى تأثير الأشعة على الطاقم الوراثى يا سيدى ؟

المهندس : تختلف الأشعة فى تأثيرها على الطاقم الوراثى ، وتتدرج درجة التأثير تلك من إحداث اختلال فى تعبير الطاقم الوراثى عن نفسه، إلى إتلاف بعض التتابعات الفيوثيدية بالدنا الوراثى ، وإحداث طفرات متعددة بخلايا الكائن الحى .

أحمد : نود أمثلة على هذا التأثير يا سيدى ؟

المهندس :

١- **حدوث تغير فى التتابعات النامية** : يتميز شريط الدنا الوراثى بتتابعات آزوتية، تحدد الأحماض الأمينية التى سيتم تكوينها ، وتحت ظروف الإشعاع يحدث تغيير فى هذه التتابعات مما يغير من البناء البروتينى المتوقع .

٢- **حدوث اختلال فى الترابط الدناوى** : يترابط شريطا الدنا الوراثى المفردان ليكونا الشريط المزدوج من خلال وجود الروابط الهيدروجينية التى تربط بين القواعد الآزوتية، والتى يختلف نوعها طبقا لزوج القواعد المترابط ، ويوجد نوعان من الترابط بين القواعد الآزوتية .

أحمد : ما هما يا سيدى ؟

المهندس : روابط هيدروجينية ثنائية بين القاعدة الآزوتية الأدنين والقاعدة الآزوتية الثايمين ، والتى يمكن التعبير عنها بـT ‐‐‐‐‐‐‐‐ A

حيث تشير (A) إلى الأدنين و(T) إلى الثايمين ، والخط المتقطع إلى الرابطة الهيدروجينية .

روابط هيدروجينية ثلاثية بين القاعدة الآزوتية «الجوانين والقاعدة الآزوتية «السيتوزين» والتى يمكن التعبير عنها بـ

G ‐‐‐‐‐‐‐‐ C

حيث تشير (C) إلى السيتوزين وتشير (G) إلى الجوانين والخط المتقطع إلى الرابطة الهيدروجينية ، يمثل هذا الترابط الحالة الطبيعية للدنا الوراثى ، بينما عند تعرض الدنا

الوراثى للتأثير بواسطة الإشعاع ، فإنه يحدث تغيير فى نوعية هذا الترابط ، ففى الحالة العادية يرتبط الأدنين مع الثايمين ، والجوانين مع السيتوزين، ولا يمكن أن يرتبط الأدنين مع السيتوزين أو الأدنين مع الجوانين ، أو الثايمين مع السيتوزين أو الثايمين مع الجوانين، لكن فى ظل ظروف الإشعاع يحدث هذا النوع من الترابط اللاتكاملى بين القواعد الآزوتية ، والذى يمكن التعبير عنه بصور عديدة منها :

شيماء : مثل ماذا ؟

المهندس : اتحاد قاعدتين آزوتيتين لمجموعة البيورين فتتحد القاعدة الآزوتية الأدنين (A) مع القاعدة الآزوتية الجوانين (G) ويمكننا التعبير عن هذا الترابط كما يلى :

G ⁝⁝⁝⁝⁝⁝⁝⁝⁝ A

اتحاد قاعدتين آزوتيتين لمجموعة البيرميدين حيث يتحد السيتوزين (c) مع الثايمين (T) ويمكننا التعبير عن هذا الترابط كما يلى :

C ⁝⁝⁝⁝⁝⁝⁝⁝⁝ T

٣- تغيير موقع الجين فى الطاقم الوراثى :

قد يؤثر الإشعاع فى توزيع الجينات فى مواقعها المختلفة من الطاقم الوراثى ، وذلك يحدث تحت مستويات إشعاعية معينة تؤدى إلى توتر الجين فى الطاقم الوراثى ، وحثه على تغيير موقعه ؟ مما يودى إلى عدم قدرته على التعبير عن ذاته فى الموقع الوراثى الجديد ، أو حدوث اختلال فى هذا التعبير ، لعدم التكامل بينه وبين الجينات الأخرى فى الموقع الجديد فى سلسلة التفاعلات الوراثية المؤدية لإظهار الصفات الوراثية .

٤- تعرض بعض الجينات للكمون الوراثى :

يؤدى التعرض لجرعات إشعاعية عالية إلى تدمير بعض المحتوى الجينى للطاقم الوراثى للكائن الحى ، وقد تكون الجينات التى تم تدميرها لها تأثير كبير فى تنشيط جينات أخرى فى الطاقم الوراثى «منشطات جينية» ومن ثم يكون التأثير مضاعفاً ، فهو يدمر جينات من الطاقم الوراثى ، ويسبب كمون جينات أخرى لعدم وجود المنشطات الجينية الضرورية لتعبيرها عن نفسها .

أحمد : وما هى نتائج هذه التأثيرات ؟

المهندس : تؤدى التأثيرات السابقة نتيجة لتعرض الكائن الحى للجرعات الإشعاعية ، إلى تغير فى الصفات الوراثية المتوقعة ، وزيادة معدل حدوث الطفرات ، ولا يمكن للكائن الحى فى الحالة العادية أن يقاوم التأثير الناتج عن الإشعاع ، إلا أن الدراسات الوراثية لتأثير الإشعاع قد أظهرت وجود كائنات حية تمتلك القدرة على وقاية نفسها من خطر الإشعاع ، مهما بلغت كمية الجرعة الإشعاعية المتعرجة لها .

شيماء : وما نتيجة ذلك يا سيدى ؟

المهندس : كنتيجة لتلك القدرات غير العادية لهذه الكائنات الحية ، فهى تستطيع الحياة داخل بيئات مشعة متعددة الإشعاع ، ومن هذه الكائنات الحية المقاومة لتأثير الإشعاع أنواع عديدة من الكائنات الدقيقة التى تم التعرف عليها فى مقابر المصريين القدماء ، وفى داخل المومياوات حيث يعطى عداد جيجر قراءات عالية للجرعات الإشعاعية ، كما اكتشفت كائنات حية أخرى مقاومة للإشعاع فى أماكن مختلفة من العالم .

أحمد : من المؤكد أن هذه الكائنات الحية قد وجدت اهتماما من العلماء ؟

المهندس : اهتم العلماء بتحليل الأطقم الوراثية لهذه الكائنات الحية وخرطنة «رسم خريطة كاملة» لجميع جيناتها ، ومعرفة مختلف العلاقات الموجودة بين الجينات والتى تشمل «التكامل الجينى والتنشيط الجينى ، التثبيط الجينى والحث الجينى ... إلخ» وقد تم التركيز فى هذه الدراسات على التوجيه الوراثى لآليات الإصلاح المتواجدة لهذا الطاقم الوراثى ، ومن ثمّ حساب معامل المرونة الوراثية لهذه الكائنات الحية ، وقد استنتج الباحثون من تجاربهم تلك : أن هذه الكائنات الحية تتميز بطاقم وراثى ذى كفاءة إصلاحية فائقة التصور ، حيث يمكنه ذلك من الإصلاح اللحظى للخطأ الذى يحدث فى الطاقم الوراثى ، وتتم تلك السرعة الفائقة من الإصلاح الوراثى نتيجة لوجود جينات وظيفتها فقط الوقاية الوراثية، حيث تمثل هذه الجينات واجهة التعرض الأول للإشعاع، ومن ثمّ إرسال الرسائل الوراثية لجينات أخرى لإفراز مواد ذات كثافة وتركيب غير طبيعى يعمل كمصدات إشعاعية تحول دون تأثير الإشعاع على الطاقم الوراثى الموجود ، ويعمل أكثر من فريق بحثى فى ألمانيا فى

الوقت الحاضر على دراسة استنساخ الأطقم الوراثية المضادة للإشعاع ، وحفظها فى بنوك چينات خاصة بها كأصول وراثية عالية القيمة ، ومحاولة إيلاجها فى كائنات حية أخرى ، وتنمية هذه الكائنات فى بيئات مرتفعة الجرعة الإشعاعية، ودراسة ما يطرأ على تعبير الأطقم الوراثية من تغير ومقارنة نتائج تلك الدراسات بالقدرة الجينية الوظيفية للچينات الطبيعية .

شيماء : وما علاقة الاستنساخ بذلك ؟

المهندس : لقد وفرت تقنيات الاستنساخ الحيوى العديد من التقنيات التى يمكن من خلالها الوصول إلى نتائج تطبيقية من خلال الاستفادة من هذه القدرات الوراثية كما يلى :

أحمد : مثل ماذا يا سيدى ؟

المهندس : الاستنساخ الچينى للچينات ذات القدرات الوراثية الفائقة :

تمثل الچينات التى تؤدى وظائف غير عادية للخلية قيمة اقتصادية فائقة ، كالچينات التى تتيح للعديد من الكائنات الحية الحياة فى بيئات ذات درجات ملوحة عالية ، أو ذات محتوى مائى قليل جداً ، أو ذات كمية إشعاعية فائقة ، حيث صناعة ملايين النسخ من هذه الچينات ، وحفظها فى بنوك الچينات لحين استخدامها فى العديد من التجارب بعد ذلك ، ويتم توظيف هذه الچينات فى المجالات التطبيقية بإحدى وسيلتين :

١- إيلاج الچينات المستنسخة داخل الأطقم الوراثية للكائنات الحية ، ويتم فى هذه التقنية إدخال الچينات ذات القدرات الوراثية المختارة من خلال الجراحات الوراثية للخلايا المولدة للناتج الخلوى النهائى ، ومن ثمَّ نتيح لهذه الخلايا اكتساب الصفات الأصلية للخلايا المستنسخ منها الچينات ذات القدرات غير العادية ، وتخضع الخلايا المختارة لإجراء تجارب الإيلاج الوراثى ، إلى متابعة كاملة ومستمرة لتعبير الچينات المولجة فى الأطقم الوراثية ، وتتم هذه المتابعة من خلال استخدام الأجهزة الالكتروچينية فائقة المستوى .

٢- إيلاج چينات مستنسخة تنظيمية وليست وظيفية ، يتواجد بالمحتوى الجينى

آلاف الچينات ، ولكل چين دوره الذى يؤديه بالضبط ، ولا يمكنه الخروج عن هذا الدور ، فبعض الچينات توجه لتكوين مواد معينة داخل الخلية وتعرف بالجينات التركيبية ، وبعض الچينات توجه هذه المواد لأداء وظائفها الخاصة بها وتعرف بالچينات الوظيفية ، وبعض الچينات تنظم عمل الچينات التركيبية والوظيفية ، وتعرف «بالجينات المنظمة » ، ولولا وجود هذه الچينات لأصيب المحتوى الوراثى للكائن الحى .

وبعض هذه الچينات المنظمة يقوم بتنشيط عمل چينات أخرى ، والبعض يثبط عمل چينات محدودة ، وأخرى تعمل كچينات مانعة تعمل على إعدام التعبير الچينى، وكل ذلك يحدث فى إطار منظومة وراثية دقيقة قل أن يحدث بها خطأ ، وإن حدث فسرعان ما يتم إصلاحه من خلال جهاز إنزيمى معقد يعرف « بجهاز الإصلاح والصيانة الوراثية » .

أحمد : وهل كان هذا موضع اهتمام للعلماء يا سيدى ؟

المهندس : نعم لذا كان اتجاه العلماء مكثفاً لدراسة الچينات المنظمة ، ومحاولة فهم كيفية أدائها لدورها داخل الجينوم ، وعمل محاكاة چينية لعملها ، من خلال استنساخ هذه الچينات ، وإيلاجها داخل محتوى چينى لكائن حى يعانى من نقص التعبير الچينى لهذه الچينات ، وتظهر أهمية ذلك فى إمكانية استخدام هذه التقنية فى تعجيل تعبير الچينات عن نفسها ، حيث يمكن من خلال التحكم فى المعدل الزمنى لتعبير الچينات عن نفسها التعجيل ببداية دورة التكشف للخلية ، وقد تم اقتراح طرق عديدة للوصول إلى ذلك الهدف منها :

- **إدخال منشطات چينية :**

لكل چين مستوى طاقة محدد يسمح له بالتعبير عن نفسه ، إذا انخفض هذا المستوى من الطاقة عن مستوى معين فإن الچينات لا تستطيع التعبير عن نفسها ، ويسمى هذا الحد من الطاقة الذى يتوقف عنده التعبير الچينى بالحد الحرج من الطاقة.

برفع مستوى الطاقة اللازم للتعبير الچينى ، يمكن استحثاث الچينات لتعبر عن نفسها فى فترة زمنية أقل من الفترة العادية للتعبير ، ولكل چينات منشطة فترة حث چينى محددة بالعديد من الدراسات والتجارب المعملية .

- إدخال جينات تثبيط للچينات المضادة للتكشف :

قد تكون الچينات المسئولة عن توجيه أحداث عملية التكشف موجودة ، لكنها غير قادرة على التعببير عن نفسها لوجود چينات مضادة تعمل على تثبيط الچينات المسئولة عن التكشف فى الطاقم الوراثى.

شيماء: وكيف يمكن علاج هذه الحالة ؟

المهندس: يمكن علاج هذه الحالة من خلال إدخال چينات تعمل على تثبيط الچينات المضادة لچينات التكشف ، ولابد أن يجرى العديد من التحليلات الوراثية الخاصة بمدى تأثير الطاقم على تثبيط الچينات المضادة لچينات التكشف ، ولابد أن يجرى العديد من التحليلات الوراثية الخاصة بمدى تأثير الطاقم الوراثى كلية بالجينات المضافة إليه مع إجراء عمليات متابعة مستمرة للأداء الوظيفى للچينات المضافة ، وذلك منعاً من احتمالات تأثير سلبى فى الأداء الوظيفى للطاقم الوراثى ، كإحداث خلل فى تركيب أو وظيفة چينات قائمة ، أو تثبيط چينات وراثية كامنة غير مرغوب فيها ..

الفصل السابع



ثورة العلاج بالچينات

شيماء : ثم ماذا يا سيدى ؟

المهندس : سنعرض الآن لأهم هذه التطبيقات ، والتى تخص صحتنا ، إنها ثورة العلاج بالچينات ، ثم يستكمل المهندس حديثه قائلاً : بعد تخصص الخلايا المختلفة لجسم الكائن الحى ، قد تصاب هذه الخلايا بالعديد من الأمراض التى تعطلها عن أداء وظائفها التخصصية وتقسم حالات العطب الخلوى طبقاً للمسبب للعطب إلى :

(أ) عطب خلوي ميكروبي :

يسبب هذا العطب مهاجمة ميكروبات معينة للخلايا ، حيث تفرز هذه الميكروبات العديد من السموم التى تؤثر على العمليات الحيوية داخل الخلية ، وقد تؤدى تلك السموم إلى قتل البروتوبلازم بالخلية ، مما يؤدى إلى موتها .

تقى الخلية نفسها من مهاجمة العديد من الميكروبات من خلال جهاز مناعى بها مسئول عن إفراز العديد من المواد والسوائل التى تقتل أو تقلل من تأثير المواد السامة التى يفرزها الميكروب وتختلف هذه المواد من كائن حى لكائن آخر ، كما تختلف تركيزاتها وفاعليتها فى المراحل المختلفة من عمر الكائن الحى ، ويتحكم فى توجيه تكوين هذه المواد المناعية بالخلية ووصولها إلى الأماكن المتواجد بها الميكروبات ، كما تحدد المادة الوراثية الطريقة التى تتعامل بها المادة المناعية مع الميكروب .

الجهاز المناعى للإنسان

يتمثل الجهاز المناعى بالإنسان بالعديد من المكونات المناعية ، والتى تعمل على تقليل التأثير الميكروبى على الخلية الحية .

أحمد : وما هى تلك المكونات يا سيدى ؟

المهندس : الخلايا الليمفاوية :

تعمل الخلايا الليمفاوية على إفراز العديد من الإنزيمات لقتل الميكروبات التى تدخل الجسم ، من خلال حدوث ارتباط كيميائى بين المواد المفرزة من الخلايا الليمفاوية ، والميكروبات . ويلزم لحدوث هذا الارتباط تعرف الخلايا الليمفاوية على

الشكل الخارجى للميكروب ، ويتم ذلك بناء على رسائل بين خلوية يتم إرسالها من مستقبلات موجودة داخل المسار الدموى تفيد باختراق ميكروب ما لداخل الجسم ، وتشتمل هذه الرسالة على:

- اسم الميكروب .
- شكل الميكروب .
- مكان تواجد الميكروب .
- كثافة الميكروب « العدد المتواجد به الميكروب »
- تأثير الميكروب ، هل هو ميكروب قاتل أم قليل الضرر ؟

شيماء : وما الذى يتحكم فى إرسال هذه الرسائل ؟

المهندس : يتحكم فى كيفية إرسال هذه الرسائل بين الخلوية «التى تنتقل من خلية إلى خلية أخرى » المادة الوراثية ، والتى تجعل من المستقبلات الخلوية هيئة تفتيش عالية الدقة ، فلا يمكن لأى مادة دخول الخلية دون معرفة هوية هذه المادة ، وسبب دخولها إلى الخلية وتأثيرها المتوقعة داخل الخلية .

أحمد : وماذا يحدث عند وصول هذه الرسائل إلى الخلايا ؟

المهندس : عند وصول الرسائل بين الخلوية من المستقبلات إلى الخلايا الليمفاوية ، تبدأ على الفور فى إفراز المواد الموجهة إلى مكان الإصابة الخلوية ، وتدخل خلايا منطقة الإصابة فى حالة تعبئة كاملة لاحتواء الموقف الخلوى غير الطبيعى ، وتنشط الرسائل المنقولة من مكان الإصابة إلى الخلايا الليمفاوية والجهاز المناعى بالجسم ، وتبلغ ذروتها للقضاء على الميكروب الذى يمثل دخيلاً على الوسط الخلوى .

لقد كان الاعتقاد السائد لدى العلماء فى أن المواد التى تفرزها الخلايا اللمفاوية ، ترتبط مباشرة بالميكروب وتحاول القضاء عليه ، لكن التجارب والدراسات العديدة التى أجريت لفهم ميكانيكية سيطرة الإفرازات اللمفاوية على الميكروبات أثبتت أن عملية التدمير الميكروبى تتم فى خطوات محددة :

شيماء : ما هى ؟

المهندس : هذه الخطوات مرتبة كما يلى :

– وصول الإفرازات اللمفاوية إلى مكان الإصابة .

– حدوث ارتباط جزئى من خلال كمية قليلة من الإفرازات اللمفاوية بهدف تحديد الإمكانات الوظيفية للميكروب ، لأن الميكروب لن يستسلم مباشرة للإفرازات اللمفاوية ، بل سيقاوم وسيحاول السيطرة على هذه الإفرازات .

– المهاجمة الكلية من الإفرازات اللمفاوية للميكروب وتكون هذه المهاجمة متخصصة تماماً ، فالبعض يعمل على مهاجمة الخلايا الميكروبية نفسها ، والبعض الآخر يعمل على الارتباط بالسموم الفتاكة التى تفرزها الميكروبات ، حيث تعمل على إبطال مفعول هذه السموم .

رغم الدقة العالية التى نلحظها فى عملية الاحتواء والتدمير الميكروبى من الخلايا اللمفاوية ، فإن بعض الميكروبات تنجح فى السيطرة على الخلايا اللمفاوية والإفلات من آلية التدمير البيولوچى التى تمتلكها ، ومن هذه الميكروبات فيروس الإيدز ، والذى يمتلك القدرة الوظيفية – المحددة فى الطاقم الوراثى له – على التحول المظهرى حيث يمر الڤيروس من خلال المستقبلات الخلوية للعائل ، والتى تبعث الرسائل السابقة للخلايا اللمفاوية ، والتى يتم بناء عليها تحديد خطة الاحتواء اللمفاوى للميكروب .

أحمد : لكن كيف لا تستطيع الإفرازات المناعية التعرف على الميكروب ؟

المهندس : بعد مرور الفيروس من المستقبلات يغير من شكله الخارجى ، ومن ثم لا تستطيع الإفرازات اللمفاوية التعرف عليه ، وتتاح الفرصة كاملة أمام الفيروس للسيطرة على الإفرازات اللمفاوية ، بل والوصول إلى الخلايا اللمفاوية ذاتها ، ومحاولة تدميرها ، ومن ثم يتحول الجسم إلى فريسة سهلة تماماً للعديد من الميكروبات المرضية ، وذلك لتدمير الجهاز المناعى .

٢– كرات الدم البيضاء :

تتخصص كرات الدم البيضاء فى التهام العديد من الميكروبات بمجرد دخولها إلى المسار الدموى ، حتى لا تصل إلى أهدافها فى خلايا الجسم وتحدث تلفاً بتلك الخلايا .

تتميز كرات الدم البيضاء بالقدرة على الاحاطة بالميكروب من خلال الخاصية الأميبية ، حيث تمتلك كرات الدم البيضاء إمكانية تغيير شكلها الخارجى لتتحول إلى قوس خلوى يلتف حول الميكروب ، الذى تنعدم أمامه فرصة الهرب بمجرد الدخول .

عند دخول الميكروب داخل القوس الخلوى الذى صنعته كرة الدم البيضاء تبدأ كرة الدم البيضاء فى إفراز المواد المحللة للميكروبات .

شيماء : لكن كيف يتم توجيه عملية الاحتواء تلك ؟

المهندس : يتم توجيه عملية تكوين القوس الخلوى وإفراز المواد المحللة للميكروب بناء على تعليمات وراثية محمولة فى الطاقم الوراثى لكرة الدم البيضاء ، ومن ثم تتأثر كل العمليات السابقة عند إصابة الجهاز الوراثى لكرة الدم البيضاء ببطء وراثى ، ولابد فى هذه الحالة من التدخل لإزالة هذا العطب حيث تستعيد كرة الدم البيضاء الكفاءة الوظيفية لها .

٣- السوائل العرقية :

يفرز العرق من خلايا خاصة منقسمة فى نسيج ضام فى طبقة الأدمة من الجلد ، وتمتد هذه الخلايا فى طبقة البشرة مكونة فى النهاية ثقباً تخرج من خلاله السوائل المتكونة فى الخلية العرقية ، وتفرز هذه الخلية العرق ، وهو مادة سائلة تتكون من العديد من المواد المؤثرة على العديد من الميكروبات ، وتؤثر المواد العرقية فى درجة الأس الهيدروچينى « المحدد لنوعية الوسط الذى يمكن أن يعيش فيه الكائن الحى حمضى أم قلوى أم متعادل » فالميكروب يعيش فى وسطه له أس هيدروچينى محدد ، ولا يمكنه الحياة عند التغيير الشديد فى درجة الأس الهيدروچينى ، ومن ثم يكون التأثير للسائل العرقى قاتلاً للعديد من الميكروبات ، وهو يمثل وسيلة الدفاع الخارجى ضد الميكروبات الغازية للجسم .

تؤدى المكونات المناعية السابقة عملها بدقة كاملة تحت إشراف ومتابعة وتوجيه دقيق من الطاقم الوراثى من خلال چينات متخصصة لتكوين هذه المكونات وتوجيهها وظيفياً ، وتعرف هذه الچينات « بالچينات المناعية » ولابد أن تكون هذه الچينات سليمة غير مصابة بعطب وتستطيع أن تعبر عن نفسها حتى يتم أداء هذه الوظائف بدقة كاملة ، وإذا حدث أى عطب فى الچينات المناعية فإن ذلك سيؤثر على أداء

الجهاز المناعى لوظائفه ، وقد تم خرطنة جميع الچينات المناعية لجسم الإنسان فى مشروع الجينوم البشرى وهو المشروع الذى يهدف إلى خرطنة جميع الجينات البشرية، ومن ثم تتاح لنا الفرصة لأن نضع أيدينا على ما نريده من چينات.

أحمد : لكن هل يتعرض الميكروب للمهاجمة من ميكروبات أخرى ؟

المهندس : رغم أن الميكروب يهاجم العديد من الخلايا الحية للعديد من العوائل ، إلا أنه هو نفسه عرضة لغزو ميكروبات أخرى ، ومن ثمّ لابد من وجود مكونات مناعية داخل خلاياه تمكنه من مقاومة الكائنات الحية التى تغزو جسمه ، ومحاولة السيطرة عليها ، ومن ثمّ يمكننا السؤال بأن جميع الكائنات الحية تمثل دائرة من التفاعل المستمر قد يكون فيها الكائن الحى فريسة ، وقد يكون هو المفترس ، وقد يتحول نفس الكائن الحى من مفترس إلى فريسة .

تتدرج الكائنات الحية المختلفة فى قدراتها المناعية التى تميزها فى دائرة التفاعل الحياتى المستمر ، فبعض الكائنات الحية لديها قدرات مناعية فائقة تمكنها من السيطرة على معظم الميكروبات التى تغزو جسمها ، وتدميرها تمامًا ، ويجرى الآن رصد وكشف الجينات المناعية المتحكمة فى البناء التركيبى و الأداء الوظيفى للمواد المناعية، ثم استنساخ هذه الجينات وحفظها فى بنوك الجينات لاستخدامها فى زيادة كفاءة الأجهزة المناعية لكائنات حية أخرى ، ولا سيما الإنسان ، مما سيحقق آمالا كبيرة فى التخلص من العديد من الأمراض التى تصيب جسم الإنسان والحيوان والنبات .

شيماء : لكن كيف سيتم ذلك ؟

المهندس : إن ثمة مشروعًا وراثيا كبيرًا تشترك فيه أكثر من دولة من خلال توزيع العمل على عشرات المراكز البحثية فى تلك الدول ، بهدف دراسة إدخال جينات مستنسخة من بعض أنواع البكتريا ذات القدرة على تحليل الملوثات الجوية ، وتحويلها إلى مواد مفيدة إلى داخل الطاقم الوراثى للإنسان ، وإذا قدر لهذه التجارب النجاح فسيكون ذلك حلاً جذريا لمشكلات التلوث ، فلن نكون فى حاجة إلى البحث عن وسائل لإزالة التلوث لأننا سنصبح نحن ومختلف الكائنات الحية مبرمجين وراثيا للاستفادة من هذه الملوثات ، ومن ثم ستتحول الآلية البيولوجية الموجودة داخل جسم الكائن الحى ، والموجهة للتعامل المضاد مع سائر الملوثات البيئية المختلفة ، إلى آلية بيولوجية

للتعامل المتعاون وليس المضاد مع الملوثات ، التى ستمثل حينئذ مدخلات جيدة لداخل الجسم، ومرغوب فيها ، ومادة خام لتكوين العديد من المواد المفيدة للخلية.

(ب) عطب خلوى ذاتى :

فى هذا النوع من العطب الخلوى ، لا يدخل أى ميكروب إلى داخل الجسم ، بل ينشأ هذا العطب نتيجة لأسباب داخلية فى الخلية .

أحمد : وما هذه الأسباب يا سيدى ؟

المهندس : يمكننا ذكر هذه الأسباب فيما يلى :

١- تراكم العديد من المواد التالفة فى الخلايا :

تمثل عمليات التمثيل الغذائى محور الأداء الوظيفى الخلوى وتشمل عمليات التمثيل الغذائى عملتين أساسيتين هما : عملية البناء التى تهدف إلى بناء العديد من المواد الحيوية الضرورية لحياة الخلية ، وعملية الهدم التى تهدف إلى هدم المواد المتكونة فى عملية البناء للحصول على الطاقة اللازمة لإتمام العمليات الحيوية التى تحدث داخل الخلية .

شيماء : لكن كيف تسير هذه العمليات داخل الخلية ؟

المهندس : تسير عملية بناء وهدم المواد داخل الخلية الحية بناء على المعلومات الوراثية الموجودة بالطاقم الوراثى ، فالنباتات يوجد بطاقمها الوراثى جينات تشفر لتفاعل حيوى هام «التمثيل الضوئى» والذى تستطيع من خلاله خلايا النبات بناء غذائها بنفسها ، ويتم هذا البناء فى خلايا البلاستيدات الخضراء ، والتى تحتوى على مادة اليخضور «الكلورفيل» «أيون اليخضور» وتفقد الكترونا غنيا بالطاقة ، والتى يتم التقاطها من خلال مستقبلات خلوية عديدة موجودة بالبلاستيدة الخضراء .

أحمد : وهل يمكن لبعض الكائنات الحية القيام بالتمثيل الضوئى من خلال مسارات أخرى ؟

المهندس : تستطيع بعض الكائنات الحية الدقيقة القيام بعملية البناء من خلال الطاقة الناتجة من أكسدة بعض المواد بالخلية ، مثل بعض أنواع البكتريا ، أما باقى الكائنات الحية ومنها الإنسان ، فهى لا تستطيع بناء غذائها بنفسها ، لكنها تعتمد على

غيرها من الكائنات ذات القدرة البنائية مثل النباتات ، ومن ثمّ فهذه الكائنات تحصل على الطاقة اللازمة لاستمرار عملياتها الحيوية من هدم مواد مكونة خارج جسمها ، فهى مستهلكة للطاقة وليست منتجة لها .

شيماء : إنها منظومة متزنة جدا .

المهندس : تمثل جميع الكائنات الحية بما فيها من كائنات منتجة للمواد الغنية بالطاقة أو كائنات مستهكلة للطاقة ، سلسلة متكاملة فى دورة الطاقة بالكون ، ولابد أن تتم عمليات تكوين المواد الغنية بالطاقة «البناء» واستهلاك الطاقة من المواد الغنية بها «الهدم» طبقا لنظام توازنى دقيق للغاية ، كما أن عملية الهدم فى الكائنات التى تعتمد على المواد المنتجة من النباتات يجب أن تكون بنظام مضبوط تماماً ، وهذا ما يحدث تماماً ، منعا لتراكم مواد ناتجة من عمليات الهدم تلك ، ولا تستطيع الخلية الحية التخلص منها ، مما يصيب الخلية بالعطب الخلوى ، ويعجل بدخولها فى طور الشيخوخة ، وهو ما يعرف «بالشيخوخة المبكرة » وقد تكون المواد المتراكمة داخل الخلية مواد لها القدرة على الارتباط ببعض الجزيئات الخلوية مما يعطل أداءها لوظائفها ، أو سموماً متخلفة عن هدم بعض المواد داخل الخلية ، وتمثل تلك التراكمات الخلوية غير المرغوب فيها وسيلة لمهاجمة العديد من الميكروبات للخلية ، وذلك لضعف درجة استحوازها وسيطرتها على هذه الميكروبات .

٢ـ انتقال المواد المثبطة بين الخلوية :

لا تعيش الخلية فى جسم الكائن الحى بمعزل عن باقى المستوى الخلوى ، بل تربطها علاقات وثيقة مع باقى الخلايا فى المحتوى الخلوى ، وتتفاوت هذه العلاقات الخلوية من خلية لأخرى طبقا لدرجة التشابه التركيبى والوظيفى للخلايا ، فبعض الخلايا متشابهة فى التركيب والوظيفة مكونة وحدة «بيولوجية» النسيج وتتكامل العديد من الأنسجة مكونة العديد من الأعضاء المختلفة تكون كل خلية المواد والإفرازات الخاصة بها ، والتى تكفل لها استمرارها فى حياتها ، ولكن هذه المواد قد تؤثر فى مكان خلوى آخر غير مكان إنتاجها ، كما فى الغدد الموجودة داخل الجسم فهى تفرز سوائل وإفرازات غدية عديدة تؤثر فى سير عمليات حيوية فى أماكن أخرى من الجسم ، وتسلك هذه الإفرازات قنوات خاصة بها للوصول إلى مكان عملها ،

وتسمى الغدد المفرزة لها فى هذه الحالة «بالغدد غير الصماء» أما الغدد الصماء فتسلك إفرازاتها المسار الدموى ، وذلك لعدم وجود قنوات خاصة بها . تعمل هذه الإفرازات المنتقلة من خلايا مفرزة «غدية» على أداء العديد من الوظائف الحيوية المختلفة ، كضبط نسب بعض العناصر الحيوية داخل الجسم كأيون الصوديوم الذى يؤثر فى قيمة ضغط الدم ، كما تعمل على تنشيط العديد من الخلايا للقيام بوظائفها.

أحمد : وما المواد المفرزة من خلال تلك الغدد والخلايا ؟

المهندس : قد تكون المادة المفرزة هرمونًا أو إنزيماً أو أى مادة أخرى وتمثل الهرمونات والإنزيمات مركبات مهمة داخل جسم الكائن الحى ، فالإنزيمات تمثل محور التفاعلات الحيوية داخل مختلف الخلايا، وفى مختلف العمليات التى تحدث بالجسم كالهضم والتنفس ... إلخ ، ومن عمليات الهدم ، كما أن عملية البناء فى الكائنات ذاتية التغدية «الكائنات التى تستطيع بناء غذائها بنفسها، كالنباتات» لاتتم إلا فى وجود العديد من الإنزيمات ، وتتميز الإنزيمات بالتخصص فلكل إنزيم مادة محددة يؤثر عليها ، كما تتميز الإنزيمات بأنها مساعدات لحدوث التفاعل الحيوى، لكنها لا تدخل فى أحداث التفاعل.

شيماء : وما وظيفة الهرمونات ؟

المهندس : الهرمونات هى جزيئات يتم إفرازها من بعض الغدد داخل الجسم، وتعمل على تنشيط بعض الخلايا لتكوين إفرازاتها الضرورية للأداء الحيوى ، وقد تؤثر الهرمونات فى عمليات حيوية ذات تتابع زمنى، فعملية النمو الخلوى تحدث من خلال تحكم هرمونى ، كما أن عملية التخصص تتم من خلال تحكم هرمونى ، كما أن التكوينات التناسلية والصفات الجنسية تتحد نتيجة للإفراز الهرمونى، وعملية ضبط نسبة الجلوكوز بالدم تتم تحت سيطرة هرمون الإنسولين ، وتمثل الهرمونات الجنسية «البروجسترون» الأستروجين والإلدوستيرون دوراً أساسيا فى الكفاءة التناسلية للكائن الحى .

أحمد : وهل لهذه الإفرازات أضرار ؟

المهندس : رغم أن هذه الإفرازات التى تنتقل بين الخلايا والمتمثلة فى العديد من الهرمونات والإنزيمات ، إلا أن بعض الإفرازات قد تكون ضارة ومثبطة للعمليات الحيوية داخل الخلايا ، ومن ثمَّ تعمل هذه المواد على خفض الكفاءة الحيوية للخلايا ، مما يصيبها بالعطب الخلوى الذى قد يعجل بنهايتها ، وتختلف درجة تأثير المواد المثبطة المنتقلة بين الخلايا طبقا لدرجة خطورتها ، ودرجة تركيزها ، ودرجة مقاومة الخلية المنتقلة إليها .

(جـ) عطب خلوى وراثى :

تتحكم المادة الوراثية ـ كما سبق أن ذكرنا ـ فى توجيه جميع العمليات الحيوية داخل الجسم كالنمو والتكشف والتخصص والهضم والتنفس وانتقال الإفرازات الخلوية ، والآليات البيولوجية للتخلص من المواد الضارة ، وتكوين المواد المناعية وتوجيهها إلى مكان عملها وتكوين الهرمونات والإنزيمات وتحديد أدوارها وأماكن عملها .

فى المرحلة الجنينية يكون الطاقم الوراثى غير متخصص فهو يمتلك القدرة على توجيه العمليات الحيوية وتكوين مختلف الأعضاء للكائن الحى ، لكن مع تخصص الخلية تكمن بعض الجينات ، وتبقى جينات محددة نشيطة توجه الوظائف التخصصية للخلايا الحية .

نلاحظ من ذلك أن إصابة الطاقم الوراثى بأى نوع من أنواع العطب يؤدى إلى اختلال العمليات الوراثية التى كان يشفر لها الموضع من المادة الوراثية الذى حدث به اختلال ، ولابد من إصلاح هذا العطب لتواصل الخلية حياتها ، وتمارس العمليات الحيوية التخصصية التى تؤديها فى المنظومة الخلوية .

شيماء : وما أنواع العطب التى يتعرض لها الطاقم الوراثى داخل الخلية ؟

المهندس : يمكننا يا شيماء توضيح ذلك فيما يلى :

١ – حدوث خطأ أثناء عملية التناسخ .

قد يحدث أثناء تناسخ الدنا الوراثى حدوث خطأ فى ترتيب النيوتيدات على طول الشريط ، أو إضافة نيوتيدة فى غير موضعها من التتابع النيوتيدى ، مما يمثل تغيرا فى

سلسلة الأحماض الأمينية المتكونة بعد ذلك ، وإنتاج بروتين غير البروتين المتوقع إنتاجه، وهذا يؤدى إلى خلل فى الصفة الوراثية الناتجة .

أحمد : وهل يمكن للخلية إصلاح ذلك ؟

المهندس : توجد مجموعة إنزيمية بالخلية عددها عشرون إنزيما لإصلاح الأخطاء الحادثة فى الأطقم الوراثية ، ولا يبقى من تلك الأخطاء إلا ٢ ٪ فى العام ، لكن مع تكرار نسبة الخطأ تلك ، وتراكم نواتج الخطأ الوراثى مع مضى الزمن ، ينبئ بوقوع كارثة وراثية للكائن الحى ، لذلك كان اتجاه العلماء محاولة تقليل المتبقى من نسبة الخطأ الوراثى فى العام ، وذلك من خلال زيادة الكثافة الإصلاحية لإنزيمات الإصلاح ، ونعنى بذلك زيادة عدد الإنزيمات المتخصصة فى الإصلاح الوراثى من خلال تخليق بعض هذه الإنزيمات ، وإدخالها إلى المحتوى الوراثى المصاب بالعطب ، وقد يتم تنشيط الجينات المسئولة عن إفراز هذه الإنزيمات فى الخلية ، وذلك من خلال إدخال منشطات جنينية إلى الطاقم الوراثى ، حيث يعمل ذلك على وصول التعبير الجينى إلى قمته ، ومن ثمَّ إفراز أكبر كمية ممكنة من إنزيمات الإصلاح ، مما يجعل عملية إصلاح الدنا الوراثى أمراً ممكناً ، وتتم خلال ثوان معدودات باستخدام أجهزة المتابعة الإلكتروجينية .

٢- حدوث طفور نتيجة للتعرض للمطفرات :

تمثل الطفرة تغيرا فجائيا فى تركيب أو شكل المادة الوراثية ، مما يؤدى لتغير فى تعبير المادة الوراثية عن نفسها ، وذلك لتغير نظام تشفيرها .

شيماء : وما هى أنواع الطفرات ؟

المهندس : تنقسم الطفرات من حيث مكان حدوثها إلى :

١- طفرات كروموسومية .

يحدث هذا النوع من الطفرات على مستوى الكروموسوم « الحامل الوراثى » ومن ثمَّ فهى لا تورث ، لكن تأثيرها يظهر على الشخص الحامل له فقط ، ومن أمثلة هذه الطفرات حدوث كسر فى الكروموسوم و إعادة التحام جزئيه مرة أخرى بعد دوران القطعة المكسورة بزاوية تبلغ ١٨٠ درجة ، وحدوث نقص فى أحد الكروموسومات ، أو

زيادة فى عدد الكروموسومات.

٢- طفرات چينية :

يحدث هذا النوع من الطفرات على مستوى التركيب الكيميائى للچين ، ومن ثمّ فهو يورث للأجيال التالية بعد ذلك ، ومن أمثلة تلك الطفرات حدوث تغير فى ترتيب النيوتيدات على طول شريط الدنا الوراثى مما يغير من ترتيب سلسلة الأحماض الأمينية المتكونة بناء على الشفرات المحددة من القواعد الآزوتية ، وبالتالى يتغير البروتين الناتج من هذا التفاعل الوراثى ، ويحدث اختلال فى الصفة الوراثية .

من الأمثلة الأخرى على حدوث الطفرات الچينية حذف چين من الطاقم الوراثى ، أو إضافة چين جديد ، أو تكرار چين بأكثر من نسخة أو دخول چين أو أكثر فى حالة كمون وراثى مستمرة .

تحدث الطفرات بنوعيها الكروموسومى والچينى نتيجة لتعرض الخلية لتأثير المطفرات وهى العوامل التى تعمل على إحداث تغير فى الأطقم الوراثية للكائنات الحية .

شيماء: وما أنواع هذه المطفرات ؟

المهندس: تختلف هذه المطفرات فى درجة تأثيرها ، ومن هذه المطفرات ما يلى :

(أ) المادة الكيماوية:

يتأثر الطاقم الوراثى للخلية ، والحوامل الوراثية له بالمواد الكيماوية ، والتى قد تؤدى إلى حدوث تغير فى التركيب الكيماوى للدنا الوراثى ، أو التأثير على العدد الكروموسومى الموجود داخل الخلية ، ومن أمثلة المواد الكيماوية المطفرة مادة الكولشيسين وغاز الخردل ... الخ .

ولذلك كان التحذير الدائم من العلماء من نتائج استخدام الأسلحة الكيماوية فى الحروب ، لأن ذلك يعنى حدوث طفور بمعدل كبير جداً .

أحمد: إذن فلابد من الحذر فى تناول الأدوية .

المهندس: نعم بكل تأكيد ، لذا يجب على الأطباء توخى الدقة الكاملة فى وصف الأدوية للمرضى والاعتماد على أحدث طرق التشخيص الموجودة ، منعًا لتأثير المادة

الكيماوية على الطاقم الوراثى للمريض ولا سيما إذا كان هذا التأثير على التركيب الكيماوى للچين ، مما سيجعل الأجيال التالية ستعانى من نتائج هذا التأثير .

(ب) المواد المشعة :

تؤثر العديد من الأشعة على الجهاز الوراثى للكائن الحى سواء كانت أشعة كونية ، أم أشعة صناعية (الأشعة التى يتم إنتاجها من خلال العديد من الوسائل التقنوية) وتعتبر الأشعة أخطر تأثيراً على الجهاز الوراثى من المواد الكيماوية ، ومن أمثلة الأشعة المضرة الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء ، وفوق الحمراء ، ومعظم الأشعة ذا الموجات القصيرة **Micro Wave** فكما سبق أن ذكرنا الطول الموجى يتناسب عكسيًا مع كمية الطاقة المحتواة فى الموجة ، وهذا يعنى أن الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة أكثر خطورة على الجهاز الوراثى من الأشعة ذات الأطوال الموجية الطويلة.

شيماء: وما أنواع الإشعاع الخطرة ؟

المهندس : من أنواع الإشعاع ذات الخطورة البالغة الإشعاع الذرى ، والذى يرفع من نسبة الطفور لتبلغ ذروتها ، مما ينبئ بوقوع كارثة وراثية لمختلف الكائنات الحية ، ولا أدل على ذلك من النتائج الحيوية التى ترتبت على إلقاء القنبلتين الذريتين على هيروشيما ونجازاكى باليابان فى الحرب العالمية الثانية ، كما إن انفجار مفاعل تشيرنوبل ١٩٨٦م بالاتحاد السوفيتى «سابقاً» كان له آثاره على الجهاز الوراثى للكائنات الحية التى تعيش فى نفس المنطقة .

شيماء : لكن للأشعة فوائد عديدة .

المهندس : هذا لا يلغى أهمية استخدام الأشعة فى التشخيص ، حيث يمكن من خلال استخدام تقنيات انعكاس وانكسار وحيود الأشعة الحصول على تفاصيل كان يصعب الحصول عليها فى غياب استخدام الأشعة ، وقد كان لتقنية حيود الأشعة السينية (x - ray) أهمية كبيرة فى وضع نموذج للدنا الوراثى من خلال أبحاث « فرانكلين» والتى استخدمت تقنية حيود الأشعة السينية فى الحصول على توزيع نقطى للدنا الوراثى أمكن من خلالها تحليلها بواسطة واطسن وكريك

وضع النموذج التركيبى للدنا الوراثى .

لذلك فإننا ننادى بتوخى الدقة الكاملة فى استخدام الأشعة فى مجال التشخيص ، أو أى مجالات تطبيقية أخرى ، وذلك لتقليل معدل الطفور إلى الحد الأدنى ، وذلك من خلال وسائل الوقاية من الإشعاع ، واستخدام موجات إشعاعية قليلة التأثير على الجهاز الوراثى .

أحمد : لكن كيف يستخدم الاستنساخ الحيوى لعلاج الأعطاب الخلوية ؟

المهندس : سنتناول فى عرضنا هذا التقنيات العامة لاستخدام الاستنساخ فى علاج العطب الخلوى ، لكن علاج كل مرض على حدة من خلال استخدام العديد من هذه التقنيات سنفرد له عرضًا مستقلاً فيما بعد ، وذلك للأهمية الكبيرة لاستخدام هذه التقنيات فى المجال الطبى .

إن الأساس العلمى فى استخدام هذه التقنيات هو التعامل مع سبب العطب الخلوى من منظور وراثى ، وهذه المسببات - كما شرحنا سابقاً - إما أن تكون بسبب ميكروبى ، وراثى ، تراكم مواد تالفة بالخلية .

أحمد : وما التقنيات المستخدمة للتعامل مع هذه المسببات ؟

المهندس : توجد تقنيات عديدة نذكر منها ما يلى :

١ - إدخال چينات محللة للطاقم الوراثى الميكروبى :

يتواجد بالجهاز الوراثى نوع من الإنزيمات الإصلاحية شديدة التخصص ، وتعمل هذه الإنزيمات على هضم وتحليل التتابعات المعيبة على طول شريط الدنا ، وتعمل هذه الإنزيمات مسحاً شاملاً من حين لآخر للتعرف على التتابعات المعيبة وتحليلها ، حيث تعمل إنزيمات أخرى من مجموعة إنزيمات الإصلاح على بناء التتابع السليم بناء على الدليل النيوتيدى الموجود على قالب الشريط الآخر - يتحكم فى تكوين هذه الإنزيمات وتوجيهها إلى أداء عملها بدقة چينات محددة بالطاقم الوراثى .

لقد أجريت العديد من الدراسات لفهم كيفية عمل هذه الچينات ، وللإجابة عن أسئلة كانت ملحة على الباحثين .

شيماء : ما هذه الأسئلة ؟

المهندس": كيف يتحكم الطاقم الوراثى فى تخليق إنزيمات التحلل النيوتيدى ؟ هل إنزيمات التحلل النيويدى تختلف من كائن حى لآخر ؟ هل يمكن استنساخ هذه الجينات ونقلها إلى الأطقم الوراثية للكائنات الحية المختلفة لأداء أغراض محددة ؟

ثم يتابع المهندس حديثه قائلا :

اتضح من الدراسات أن إنزيمات التحلل النيوتيدى تتعرف على التتابع المعيب من خلال المعلومات الوراثية المحتواة فى الجينات الموجهة لها ، ويمكن لعمليات الأقلمة الجينية من خلال التعديل الجينى نقل هذه الجينات من كائن حى لآخر ، ومن خلية لأخرى ، وقد أجريت الدراسات على عينات حية مختلفة فى تركيبها ودرجة تطورها مثل البكتيريا والطحالب والبرمائيات والحشرات والثدييات كالإنسان ، وأثبتت نتائج هذه التجارب نجاحًا جيداً فى تعبير الجينات المنقولة من كائن حى لآخر . تتم عمليات النقل من كائن لآخر من خلال عزل الجين أو مجموعة الجينات المرغوبة ، وصناعة نسخ عديدة منها من خلال بتر الدنا الدائرى البكتيرى ، وتحميل هذه الجينات داخله ، ويتم ذلك باستخدام إنزيمات البتر والتحديد الوراثى .

يتكاثر الدنا الوراثى البكتيرى «البلازميد» بتكاثر البكتريا ويتكاثر معه الجينات المحملة فيه ، حيث نحصل بعد فترة قصيرة على آلاف النسخ من الجين محل الدراسة.

قد يتم استخدام هذا الجين بعد عزله من البكتيريا مباشرة ، أو يحفظ فى بنوك الجينات لحين استخدامه .

انتقلت الدراسة لمرحلة متقدمة بعد ذلك ، ونعنى بها دراسة إنتاج جينات مستنسخة من جينات التحلل النيوتيدى لكنها معدلة وراثيا ، وذلك بجعلها موجهة فقط لتحليل الطاقم الوراثى لأى ميكروب يدخل الخلية ، حيث تتعرف عليه الإنزيمات المحللة والمنتجة بالتفاعل الوراثى الجينى ، وتعمل على إتلافه ، ومن ثمَّ يؤدى ذلك إلى موت الميكروب .

أحمد: هل لهذه الجينات تأثيرات ضارة محتملة ؟

المهندس" إن بعض الباحثين يتخوفون من إمكانية التأثير التحللى لهذه الجينات لأى أطقم وراثية يتم دخولها للطاقم الوراثى للجسم ، وإن كانت مفيدة ، مما سيجعل زراعة أى أعضاء داخل الجسم محفوفة بمخاطر التحلل من جينات التحلل النيوتيدى .

لكن البرمجة الوراثية الدقيقة لهذه الجينات ستجعلنا نتفادى هذه المخاطر ، وذلك سيوفر معامل أمان وراثى أعلى مع تدمير الميكروبات التى تدخل داخل الخلية الحية ، تسبب اختلالا فى الأداء الوظيفى لها ، من خلال مشاركة هذه الخلية فى محتواها من الغذاء والأكسجين اللذين يصلان إليها من خلال الدم ، وإفراز العديد من السموم داخل الخلية ، مما يجعلها تفشل فى أداء وظائفها الحيوية .

شيماء : وما فائدة هذه التقنية ؟

المهندس : تستخدم هذه التقنية للتخلص من جميع الأمراض التى تنشأ نتيجة للغزو الميكروبى للجسم كالسل الرئوى والتحلل الدموى بفيروس (إيبولا ، والبلهارسيا ، وأمراض الجهاز الهضمى ، وفيروسات الكبد ... إلخ)

٢- إدخال جينات التبلر الڤيروسى :

الڤيروسات من الكائنات الحية ذات الوضع الخاص ، فالفيروس لا يتكون من وحدة التركيب العادية للكائن الحى «الخلية» لكنه عبارة عن مادة وراثية قد تكون الدنا الوراثى أو الرنا الوراثى مغطاة بغلاف بروتينى ، ويعتبر هذا التركيب من أبسط التراكيب المعروفة حتى الآن للكائنات الحية ، وليست تلك الخاصية هى التى تفرق الڤيروسات عن باقى الكائنات الحية ، بل توجد أهم خاصية تمتلكها الڤيروسات بالصورة السابقة التى شرحناها (مادة وراثية وغلاف بروتينى) داخل الخلية الحية للعائل، بينما عند خروج الفيروس من داخل الخلية الحية فإنه يتحول إلى بللورات ، ولذلك تعتبر الڤيروسات حلقة وصل بين الحياة واللاحياة ، فهى داخل الخلية كائن حى وخارج الخلية بللورات جامدة . يتحكم فى قدرة الڤيروسات على التحول من الحياة داخل خلية العامل إلى اللاحياة خارج خلية العائل جينات محددة داخل الطاقم الوراثى للفيروس ، حيث تستطيع هذه الجينات التعبير عن نفسها داخل الوسط الحى، لتوفر الظروف البيئية المساعدة على ذلك ، بينما تدخل هذه الجينات فى حالة كمون وراثى خارج الوسط الحى ، لعدم توافر الظروف المناسبة لتعبير الجينات عن نفسها .

إن ثمة سؤالاً كان يلح على الباحثين فى «جينوميا الڤيروسات» وهو العلم الذى يدرس تركيب ووظيفة الأطقم الوراثية الڤيروسية .

هل يمكن إجبار جينات التحول الڤيروسى على الكمون الوراثى داخل الخلية ؟

أحمد : وهل أمكن الإجابة عن هذا السؤال ؟

المهندس : ورغم أن الدراسات ما زالت فى بدايتها لكن توجد آمال كبيرة لتحقيق إجبار جينات التحول الفيروسى على الكمون ، وذلك من خلال إدخال جينات مضادة مستنسخة ، تضاد جينات التحول الفيروسى وتجبرها على الدخول فى حالة كمون ، ومن ثمَّ يحدث تبلر للفيروس داخل الخلية .

إننا نعقد آمالا كبيرة حول استخدام هذه التقنية لعلاج مرضى نقص المناعة المكتسبة «الإيدز» وذلك من خلال إجبار فيروس الإيدز على التبلر داخل الخلية ، وتوقف نشاطه الحيوى تمامًا ، كما ستفيد هذه التقنية فى تقديم حلول جذرية لمختلف الأمراض الڤيروسية ، والتى كان يصعب التعامل معها .

٣- تقنية جينات المواد الكانسة :

تتميز بعض الكائنات الحية بالقدرة على تحليل المواد التالفة والبقايا الحية نباتية أو حيوانية ، وتعرف هذه الكائنات الحية «بالكانسات» ويتحكم فى توجيه قدرة هذه الكائنات على التغذية على هذه البقايا والمواد التالفة وجود جهاز إنزيمى ذى قدرة عالية على تحليل هذه البقايا ، ويتحكم فى القدرة الإنزيمية تلك جينات محددة فى الطاقم الوراثى لتلك الكائنات الحية ، وقد تم إثبات ذلك باستئصال هذه الجينات من الطاقم الوراثى ففقدت هذه الكائنات القدرة الكانسة لها .

شيماء : إذن يمكننا الاستفادة من هذه الجينات .

المهندس : يمكن من خلال خرطنة هذه الجينات وعزلها واستنساخ ملايين النسخ منها استخدامها لتخليص الخلية مما يتراكم بها من مواد وجزيئات مما يساعد على المحافظة على الأداء الوظيفى للخلية ، وتأخير دخولها فى طور الشيخوخة .

يتم إدخال هذه الجينات داخل الطاقم الوراثى للخلايا المشيجية، حتى يمكن توارث هذه الجينات داخل الطاقم الوراثى للخلايا فى الأجيال التالية بعد ذلك ، أو إيلاجه داخل المادة الوراثية لنواة خلية جسمية أجبرت على الارتداد للحالة الوراثية الجنينية ، أما فى حالة استخدام هذه التقنية للتخلص من تراكم سموم ومواد تالفة بخلايا محددة، فيتم إدخال هذه الجينات مباشرة داخل الطاقم الوراثى للخلايا المراد تخليصها من المواد

التالفة ، ولابد من وجود متابعة جهازية من خلال استخدام الأجهزة الإلكتروچينية ، لضمان عدم مساس الجينات المولجة بالبنية السليمة للخلايا الحية ، ويتوقف ذلك على مدى دقة البرمجة الوراثية لهذه الجينات المولجة داخل الخلايا الحية.

أحمد : وما جدوى هذه التقنية ؟

المهندس : تفيد هذه التقنية فى التخلص من جميع المواد التالفة والسموم المتراكمة داخل الجسم والناتجة عن إصابة الكليتين بالفشل فى ترشيح السموم من الجسم ، أو إصابة الطحال بالعجز فى تخزين كرات الدم الحمراء التالفة ، مما يجعل التدخل باستخدام هذه التقنية لا مفر منه ، لإنقاذ حياة الكائن الحى .

٤ـ تقنية الانقسام الخلوى المتكرر :

تمارس الخلية الانقسام لتحقق النمو سواء بالزيادة فى الحجم أو العدد ، وذلك لدخولها فى دورة انقسامية ـ كما شرحنا سابقا ـ ويسير هذا الانقسام بمعدل زمنى ثابت للخلية الواحدة ، ويختلف هذا المعدل من خلية لأخرى ، وطبقا للفترة الزمنية التى تمر بها الخلية.

شيماء : لكن هل يمكننا من خلال التحكم الجينى إنتاج أعضاء فى زمن أقل ؟

المهندس : يحدد المعدل الزمنى لانقسام الخلية جينات معينة بالطاقم الوراثى، ويمكن من خلال التحكم فى هذه الجينات الإسراع من معدل الانقسام الخلوى للوصول إلى أقصى نقطة فى منحنى النمو ، ومن ثم يمكننا من خلال التحكم فى تعبير الجينات، المحددة للمعدل الزمنى لانقسام الخلية ، إنتاج أعضاء خلال فترات زمنية وجيزة ، وذلك بإجبار الخلية على الدخول فى مراحل انقسامية متكررة لتعطى العضو المطلوب .

يتم رفع درجة التعبير الجينى من خلال استخدام المحثات الجينية عالية المستوى ، والتى تعمل على رفع مستوى الطاقة للطاقم الوراثى ، مما يتيح لجيناته التعبير عن نفسها بدرجة عالية ، ويؤدى ذلك إلى الحصول على الحجم الخلوى الطبيعى لكن فى معدل زمنى أقل .

أحمد : هل يمكننا إذن إنتاج أعضاء بشرية مهمة من خلال ذلك ؟

المهندس : يعتبر استخدام هذه التقنية فى إنتاج الأعضاء ذات الأهمية فى جسم الكائن الحى ، والتى يؤدى أى خلل بها إلى اختلال فى العمليات الحيوية داخل الخلية ؛ ومن الأعضاء التى سيتم إنتاجها باستخدام هذه التقنية : البنكرياس ، والكبد ، والقلب .. إلخ حيث يمكن من خلال أخذ الخلية الواحدة من هذه الأعضاء ، وإجبارها على الدخول فى مراحل انقسام متكررة لتعطى العضو المطلوب ، وهذا سيوفر آلية بيولوجية مهمة جداً لعلاج مرض السكر ، والتليف الكبدى والفشل الكلوى ، لأننا سننتج بنكرياسًا، وكبدا ، وسيتم زراعة هذه الأعضاء داخل الجسم بعد إنتاجها ، ولن تتعرض هذه الأعضاء لأى مقاومة مناعية عند زراعتها ، لأن طاقمها الوراثى يمثل صورة طبق الأصل من العضو الأصلى ، وهو ما يعرف بالاستنساخ العضوى .

٥ـ تقنية جينات ضبط التعبير الجينى :

لكى يتم الأداء الوظيفى الخلوى لابد أن تعبر الجينات الموجهة لهذا الأداء عن نفسها ، فقد تكون الجينات موجودة ، لكن عجزها عن التعبير عن نفسها يجعلها غير قادرة على توجيه الوظائف المنوطة بها ، وتختلف الجينات فى درجة تعبيرها عن نفسها من جين إلى جين آخر فى الطاقم الوراثى تسمى جينات ضبط التعبير الجينى ، والتى تعمل كمنسق وظيفى بين مختلف جينات الطاقم الوراثى ، ويمكن لهذه الجينات أن تلعب أكثر من دور داخل الطاقم الوراثى طبقا للحاجة إلى ذلك .

أحمد : وما هذه الأدوار ؟

المهندس : حسنا سأخبرك بها :

(أ) **الحث الجينى** : تقوم جينات ضبط التعبير الجينى بهذه الوظيفة عندما تدخل بعض الجينات الموجهة لوظائف حيوية داخل الجسم فى حالة كمون وراثى ، حيث تعمل جينات ضبط التعبير الجينى على إثارة هذه الجينات لإخراجها من حالة الكمون تلك ، لتعبر عن نفسها، وتنتظم العمليات الحيوية المسئولة عنها .

(ب) **التنشيط الجينى** : تعمل جينات ضبط التعبير الجينى فى هذه الوظيفة كمثبط لجينات مضادة لعمل الجينات الموجودة فى الطاقم الوراثى ، والتى تؤثر على أداء هذه الجينات لتمارس الجينات الأخرى عملها بصورة عادية .

(جـ) **ضبط مستوى الصيانة الوراثية** : يعمل العديد من جينات التعبير الجينى على عدم انخفاض درجة تعبير الجينات الموجهة لتكوين المجموعة الإنزيمية للإصلاح من مستوى معين ، ومن ثمَّ تضمن إصلاح أى عطب وراثى يمكن أن يحدث فى الطاقم الوراثى للخلية .

إننا نلحظ من خلال الوظائف التى تؤديها جينات ضبط التعبير الجينى مدى أهمية تلك الجينات ، والدور الحيوى الذى تقوم به فى الطاقم الوراثى ، ولذلك تم استنساخ آلاف النسخ من هذه الجينات لاستخدامها فى نواحى علاجية عديدة ، حيث يأمل العلماء من خلال استخدام هذه الجينات الوصول إلى إعادة الترتيب الصحيح للنيوتيدات فى شريط الدنا الوراثى ، ومن ثم إمكانية علاج الخلل الوراثى الناشئ عن التغير الكيميائى فى تركيب الجين ، ومن ثم يمكننا التغلب على أمراض عديدة تمثل رعباً للبشرية كمرض فقدان الذاكرة الدائم والذى يصيب ٧٠٪ من خلايا عصب المخ ، المسمى «بالزهايمر» ومرض سيولة الدم ، «هيموفيليا» والذى يحدث نتيجة لحدوث خلل فى الجينات المسئولة عن تكوين مواد التجلط خارج الأوعية الدموية ، أو أن الجينات سليمة لكنها لاتستطيع التعبير عن نفسها ، كما ستفيدنا هذه التقنية فى علاج السكتات المخية التى تنشأ نتيجة لتجلط الدم فى الأوعية الدموية المغذية للمخ ، بما يضغط على مراكز التحكم العصبية بالمخ ، ويؤدى لفقدان جزء منها ، وهذا يؤثر على الأعضاء التى تتحرك أى تستجيب بناء على الإشارات العصبية الصادرة من تلك المراكز «مركز الحركة ، مركز الكلام ، مركز الإحصاء ، مركز الشم ، مركز الإدراك» .

شيماء : وما أسباب حدوث مثل هذه التجمعات ؟

المهندس : لقد كنا نعتقد أن الأسباب الرئيسة لحدوث التجمعات الدموية المخية ، أو داخل الأوعية الدموية خارج المخ كالشريان التاجى المغذى لعضلة القلب هى :

- ارتفاع ضغط الدم .
- ارتفاع نسبة التدخين .
- زيادة نسبة الكوليستيرول لزيادة تناول الدهون .

لكن الدراسات الوراثية أثبتت أن هذه الأسباب قد تجتمع كلها، ولا يحدث تجلط للدم داخل الأوعية الدموية ، لعدم وجود الاستعداد الوراثى لحدوث مثل هذا التجلط .

شيماء: وأين يكمن الاستعداد الوراثى لحدوث التجلط ؟

المهندس: يكمن الاستعداد الوراثى لحدوث التجلط يا شيماء فى غياب أو كمون الجينات الموجهة لتكوين مذيبات التجلط التى تعمل على إذابة أى تجمع دموى يحدث داخل الأوعية الدموية «كالهيبارين» وفى هذه يتضح مدى أهمية إدخال جينات ضبط التعبير الجينى لتنشيط الجينات الموجهة لتكوين مذيبات التجلط أو تثبيط الجينات المضادة ، لتستطيع التعبير عن نفسها ، وأداء وظائفها .

أحمد: وهل توجد أمراض أخرى يمكننا من خلال ضبط التعبير الجينى علاجها ؟

المهندس: يفيد استخدام جينات ضبط التعبير الجينى فى علاج مرض السكر ، وذلك من ضبط تعبير الجينات الموجهة لأداء دورة الجلوكوز داخل الدم ، كما يمكن استخدام نفس التقنية لعلاج الفشل الكلوى ، من خلال ضبط تعبير الجينات الخاصة بتوجيه الوحدات البولية الكلوية (النفريديا) لترشيح المواد البولية فى الدم.

وتعتبر تقنية جينات ضبط التعبير الجينى من أفضل التقنيات لتأخير دخول الخلية فى طور الشيخوخة ، وذلك من خلال رفع كفاءة التعبير الجينى للطاقم الوراثى للخلية للدرجة القصوى ، مما يجعل الأداء الوظيفى للخلية فى قمة نشاطه ، ومن ثمّ لا تتاح الفرصة لتراكم جزيئات تالفة فى الخلية ، ولا تدخل الخلية فى طور الشيخوخة .

أحمد: لا أستطيع أن أعبر عن مدى متعتنا من هذا الحديث الممتع مع الاستنساخ وتطبيقاته .

شيماء: لقد سمعنا كثيراً عن ثورة العلاج بالجينات ومدى أهميتها ، فنود أن نعرف أهمية ذلك .

المهندس: لقد دخلت هندسة الجينات فى كل مجال ، وشملت نواحى عديدة ، وأصبحت تطبيقاتها تمثل الأمل فى توفير الغذاء الحيوانى والنباتى والتخلص من الجينات المعيبة ، واستخدام الدنا المطعم فى كشف أسرار الحضارات البشرية القديمة، وبعد أبحاث طويلة ودراسات مستفيضة بدأت التطبيقات العلاجية للهندسة الوراثية ، من خلال تقنية عالية تعرف بالعلاج بالجينات ، والتى تمثل مرحلة متقدمة جداً فى تقنيات العلاج الطبيعى .

أحمد : وما مميزات العلاج بالجينات ؟

المهندس : يتميز العلاج بالجينات عن النواحى العلاجية الأخرى بالتعامل على مستوى العوامل الوراثية الخاصة بالمسبب المرضى «الميكروب»، والعوامل الوراثية الخاصة بالمريض ، بما يوفر آلية التخلص من أعراض المرض نهائيًا ، وذلك من خلال مستطيل الآلية الموجهة للميكروب بإفراز المواد السامة داخل الجسم «التوكسينات» ، بينما العلاج الكيماوى يهدف إلى إبطال مفعول المواد السامة ذاتها «التوكسينات» وليس التعامل مع المادة الوراثية الموجهة لتكوين تلك السموم .

أحمد : وما مستويات تقنية العلاج بالجينات؟

المهندس : تتم تقنيات العلاج بالجينات على مستويات مختلفة كما يلى :

أ - **استئصال الجينات المعيبة** : قد تتواجد جينات معيبة بجينوم الكائن الحى ، مما يؤدى إلى حدوث اختلال فى الأداء الوظيفى لتلك الجينات ، ويؤدى ذلك إلى العديد من الأمراض الوظيفية «الفسيولوجية» .

العلاج الأمثل فى تلك الحالة الاستئصال الجراحى لتلك الجينات من خلال جراحة دقيقة جداً تعرف بالجراحة الجينية ، مع مراعاة التحديد الدقيق لموضع الجينات فى الجينوم .

شيماء : وكيف نصل إلى أقصى معدل أمان أثناء إجراء هذه الجراحة ؟

المهندس : لتوفير معامل أمان أكبر لتلك العمليات يستخدم فى إتمام الجراحة الجنينية أشعة الليزر ، وبأقطار شعاعية دقيقة جدا ، وتزداد دقتهما فى الانتقال من جدار الخلية إلى جدار النواة ثم التعامل مع الكروموسوم ، والوصول إلى مستوى الدنا الوراثى ، والتتابعات المعيبة المتواجدة عليه .

بعد استئصال الجينات المعيبة، يستعيد الجينوم توازنه وتزول حالة الاختلال الوظيفى.

ب ـ إدخال جينات سليمة : قد لا تفيد عملية الاستئصال الجينى للجينات المعيبة فى عودة الإتزان الوظيفى للخلايا ، وفى هذه الحالة لابد من إضافة جينات سليمة إما طبيعية أو مستنسخة لنفس الجينات المعيبة المستأصلة .

شيماء : وكيف يتم ذلك ؟

المهندس : يتم ذلك بنفس التقنية السابقة فى عملية استئصال الجينات المعيبة ولابد من اختبار أداء الجينات المراد إدخالها فى خلايا تجريبية للحكم على سلوك هذه الجينات فى المحتوى الجينى ، وذلك تلافيا للآثار المدمرة ، والتى قد تحدثها الجينات السليمة فى المحتوى الجينى للكائن الحى .

بعد نجاح التجارب الأولية ، تجرى عملية الاستبدال الجينى للجينات المعيبة بجينات سليمة ، مع مراعاة المراقبة الجهازية الدائمة لأيض الخلية ، وقياس معدل حدوثه ، ومقدار تعرضه للاضطراب .

كما يجب فى إجراء التجارب الأولية قياس مدى مقاومة الجينوم للجينات المضافة ، فقد تتم عملية استبدال الجينات المعيبة بجينات سليمة ، وتتعرض الجينات السليمة إلى التدمير الكلى من قبل جينوم الكائن الحى ، إذا كانت مستنسخة وحدث خطأ ما فى عملية الاستنساخ .

أما إذا كانت الجينات المدخلة جراحيا إلى جينوم الكائن الحى، والمستبدلة مكان جينات معيبة جينات طبيعية ، فلا توجد أدنى مقاومة من جينوم الكائن الحى لهذه الجينات ، لأنها تمثل نفس الجينات المستأصلة ، لكنها تتميز بالنشاط والفعالية ، ومن ثمَّ تعمل على تنشيط الوظائف التى تم تثبيطها بسبب حدوث تغير فى تركيب الجينات ، بما يجعلها جينات معيبة لا تؤدى وظائفها المتخصصة فى أدائها .

جـ ـ إدخال جينات جديدة لأداء وظائف جديدة ..

يتم إدخال جينات موجهة لتكون مواد مهمة لحياة الخلية ، ولكنها غير موجودة بجينوم تلك الخلية ، وقد يتم اختيار هذه الجينات من خلية أخرى فى أحد أنسجة الكائن الحى ، أو من خلايا كائن حى آخر ، وفى حالة اختيار الجينات من نفس أنسجة الكائن الحى لا توجد مشكلات فى تقبل جينوم الخلية لهذه الجينات ، والسماح لها بالتعبير عن نفسها .

أحمد : وما الفرق بين إدخال جينات مستنسخة من نفس الكائن الحى ، وجينات من كائنات أخرى ؟

المهندس : بينما فى حالة إدخال جينات طبيعية أو مستنسخة من أنسجة كائن آخر ، قد

تتعرض هذه الجينات إلى المقاومة من الجهاز المناعى ، ويتم لفظها مرة أخرى خارج جينوم الخلية كمواد غريبة، وإن كانت مقاومة السوائل المناعية قليلة بما يسمح ببقاء الجينات المدخلة فى جينوم الخلية المضيفة لهذه الجينات إلا أن تلك المقاومة القليلة لا تسمح للجينات المدخلة إلى الخلية بالتعبير عن نفسها ، مما يعرض عملية الإدخال الجينى بالكامل إلى الفشل .

شيماء: وهل تضاد بعض الجينات البعض الآخر منها ؟

المهندس: لا تقتصر عمليات المقاومة للجينات المنقولة للخلية على مقاومة السوائل المناعية ، بل قد يتواجد بجينوم الخلية المنقول إليها الجينات بعض الجينات المقاومة للجينات المدخلة ، وبمجرد إدخال الجينات تعمل الجينات المضادة ، والتى قد تكون كامنة بجينوم الخلية لفترة طويلة على تدمير تلك الجينات تماماً .

وللتغلب على هذه المشكلة ، لابد من إجراء جراحة جينية سابقة لإدخال الجينات ذات الوظائف الجديدة لجينوم الخلية ، بهدف استئصال الجينات المضادة من الخلية ، وذلك إذا كانت تلك الجينات نشطة ، أما إذا كانت الجينات المضادة فى حالة كمون فلابد من استثارتها بدقة ، حتى لا تعمل الاستثارة القوية لها على تدمير بعض جينوم الخلية نفسها ، ثم استئصالها وهى فى حالة نشاط .

يتم إدخال الچينات ذات الوظائف الجديدة إلى چينوم الخلية باستخدام الجراحة الچينية ، والتى سبق شرحها ، مع مراعاة تحديد المواضع على دنا الخلية المنقول إليها والتى سيتم إضافة الجينات إليها، مع ضرورة التأكيد من عدم وجود چينات كامنة بتلك المواضع سواء كانت مضادة للچينات المضافة أو غير مضادة ، أو وجود مشفرات موجهة لعمل بعض الچينات الأخرى بالخلية ، حتى لا تدخل وظائف جديدة ، وتعمل على تلاشى وظائف موجودة أصلاً

أحمد: لكن توجد چينات كامنة بالطاقم الوراثى للكائن الحى ، فهل يمكن دراستها ؟

المهندس : فى حالة وجود بعض الچينات الكامنة غير المضادة ، لابد من إجراء اختبار لمعرفة وظائف تلك الچينات فى حالة نشاطها ، فقد يكون لتلك الچينات وظائف مهمة بخلايا الكائن الحى ، وقد تكون موجهة لچينات أخرى ، وقد تكون چينات بلا وظيفة ، وأهمية وجودها يرجع إلى وضعها كچينات بديلة فى حالة عطب بعض

چينات الخلية ، حيث يعمل چينوم الخلية ذاتياً باستبدال هذه الچينات بالچينات المعيبة ، إما فى نفس موضع الچينات المعيبة نفسها بعد تدمير تلك الچينات ، وذلك لفشل إنزيمات الإصلاح الچينى فى تعديل الخلل الذى أصابها ، أو فى مواضع أخرى لا توجد بها أى چينات على طول شريط الدنا ، الذى يقوم بتحديد هذه المواضع مجموعات إنزيمية كاملة تسمى « بإنزيمات التحديد» .

شيماء: وكيف يتم ذلك ؟

المهندس: يتم استثارة إنزيمات التحديد ، التى يتم من خلالها تحديد المواضع التى ستضاف إليها الچينات ذات الوظائف ، وقد يتم استنساخ هذه الإنزيمات من خلال البناء الكيميائى لها ، ثم إدخال هذه الإنزيمات للتعرف على المواضع التى تحمل چينات ، لكن يفضل استخدام الاستثارة الإنزيمية الطبيعية ، حتى لايحدث تداخل بين الأداء الوظيفى للإنزيمات الطبيعية ، والإنزيمات المستنسخة .

وفى حالة عدم توافر إنزيمات التحديد بالخلية ، يتم استئصال هذه الإنزيمات من خلية أخرى من نفس النسيج ، أو من نفس النسيج لكائن آخر ، وإدخالها فى أماكنها بالخلية المراد نقل الچينات إليها ، وذلك لتوفير آلية طبيعية للتحديد الموضعى على طول شريط الدنا بچينوم الخلية .

د . عمليات التفسير الچينى الكامل .

قد يصل حد العطب الچينى إلى إصابة أغلب چينوم الكائن الحى ، أو چينوم خلية منه ، وعند الشك فى عطب الجهاز الوراثى « الچينوم» للكائن الحى ، وهو فى بداية تكوينه الجنينى ، يجرى استبدال هذا الچينوم بچينوم طبيعى سليم فى نفس المرحلة «الخلية الچينية الأولية » وقد يتم استنساخ الچينوم المعيب ، وتعديله وراثياً إلى چينوم سليم ، واستبداله بعد ذلك مكان الچينوم المعيب.

شيماء : ومتى تتم هذه العمليات ؟

المهندس : تتم العمليات السابقة بعد فشل إنزيمات الإصلاح فى التعامل مع هذه الچينوم المعيب ، ولابد فى هذه الحالة من التأكد من أن العطب الموجود بالچينوم يصعب على إنزيمات الإصلاح التعامل معه .

شيماء : وهل يمكن عمل تنشيط لإنزيمات الإصلاح ؟

المهندس : إذا كان عدم إزالة العطب الچينى الموجود ناتجًا من عدم توافر الكمية المثلى من إنزيمات الإصلاح ، أو لقلة كفاءة الأداء الوظيفى لها ، فإنه يتم تنشيط إنزيمات الإصلاح بإضافة منشطات إنزيمية للخلية الچينية ، أو إضافة إنزيمات إصلاح جاهزة للعمل الفورى فى الخلية .

تعمل الإنزيمات المضافة على إصلاح الخلل الموجود بالچينوم، واستمراره بعد ذلك فى توجيه العمليات الحيوية .

تتم عمليات الاستبدال الچينى لچينوم كائن حى ما بچينوم كائن آخر من نفس النوع ، أو قريب منه وراثياً ، ويستخدم فى إجراء الجراحة الچينية الخاصة باستبدال طاقم وراثى كامل ، العديد من أشعة الليزر ذات القطر الشعاعى الصغير جداً ، والمحددة طاقته وطوله الموجى بدقة شديدة ، وذلك لخطورة الآثار المترتبة على أى خطأ ولو كان صغيراً جداً فى هذه الجراحة ، والذى يؤدى حدوثه إلى وجود خلل وظيفى بالخلية ، أو بالكائن الحى ، مما سيلزم إجراء جراحة چينية جديدة لإزالة هذا الخلل ، لكن قد يكون الأثر الناتج عن هذا أخطر ، مما يؤدى إلى تدمير الجهاز الوراثى بالكامل ، وتوقف العمليات الحيوية بالخلية الجنينية والوصول بها إلى حالة الوفاة .

أحمد : وكيف تتم عملية الاستبدال الچينى الكامل ؟

المهندس : لاتحدث عمليات الاستبدال الچينى الكامل بنزع چينوم الخلية الجنينية ، ثم وضع الچينوم البديل ، إذ يؤدى ذلك إلى توقف العمليات الحيوية ، ووفاة الخلية الجنينية قبل إدخال الچينوم الجديد إليها ، ولتلافى ذلك تتم عمليات الاستبدال والاستئصال فى وقت واحد .

إن ما يتم من تقنيات الاستبدال الچينى الكامل للجهاز الوراثى للخلية الجنينية الأولية ، يتم على الخلايا الناضجة فى حالة تعرض الچينوم الخاص بها لحالات التلف مثل حالات الإصابات السرطانية ، وهى حالات أعقد جراحياً من الخلية الجنينية الأولية ، إذ يكون التعامل فى هذه الحالة مع العديد من الخلايا فى عديد من الأنسجة، وتوجد نسبة كبيرة من الچينوم كامنة ، وتحتاج عملية استثارتها إلى تقنيات ذات

تكاليف عالية ، وتزداد الخطورة إذا كان العطب الچينى الموجود بخلايا أعضاء حساسة جداً ، كخلايا العضلة الصقلية بالقلب ، وخلايا المخ والجهاز العصبى .

شيماء: لكن هذه العمليات تحتاج لدقة شديدة .

المهندس : فى تلك الحالات المعقدة لابد من إجراء العديد من التجارب الأولية للوصول إلى النتائج الإيجابية ، كما يجب فى حالة استخدام الجراحة الفعلية على الخلايا ، وجود رقابة جهازية دائمة على ميكانيكية سير العمليات الحيوية بالخلايا التى تم استبدال جهازها الوراثى المعيب ، أو بعض الچينات المعيبة فى چينوم تلك الأعضاء .

هـ ـ علاج حالات الضعف الچينى :

تحتاج الچينات ـ مثلها مثل أى مركبات عضوية أخرى ـ إلى مستوى معين من الطاقة يسمح لها بأداء وظائفها ، وفى حالة انخفاض مستوى الطاقة عن حد معين تتعرض هذه الچينات لحالات ، ضعف فى مستوى النشاط المعتاد لها ، ويؤثر ذلك على مستوى تكوين المواد التى تتكون تحت توجيه تلك الچينات مثل البروتينات والهرمونات والإنزيمات والدهون والكربوهيدرات والفيتامينات ... الخ .

شيماء: وماذا يحدث فى حالة انخفاض مستوى الطاقة لتلك الچينات ؟

المهندس: يؤدى انخفاض مستوى الطاقة عن الحد الأدنى للچينات إلى إصابة تلك الچينات بحالة ضعف الترابط ، والتى تتمثل فى ضعف الروابط الهيدروچينية بين القواعد النيتروچينية المتزاوجة على طول شريط الدنا الوراثى ، كما يؤثر انخفاض مستوى الطاقة على طول الرابطة ، وفى كلتا الحالتين يتعرض شريط الدنا الوراثى لفك إزدواجيته قبل الوصول إلى المستوى الحرارى المطلوب لهذا ، وعند الانخفاض الكبير جداً والمفاجئ فى مستوى الطاقة للچينات قد يؤدى ذلك إلى فصل شريطى الدنا الوراثى بعضهما عن بعض بسبب كسر الروابط الهيدروچينية بين القواعد النيتروچينية ، وبأقل طاقة حرارية ممكنة (طاقة التفاعلات العادية داخل الخلية) ، مما يعرض الخلية بالكامل إلى اضطراب فورى فى عملياتها الحيوية ، ثم تعرضها لحالة الوفاة .

وفى بعض الحالات التى ينخفض فيها مستوى الطاقة للچينات عن حد معين يؤدى

إلى تكسير بعض الروابط ، وعدم المساس بروابط أخرى ، مما يؤدى إلى تلاشى چينات تمامًا من چينوم الخلية ، وزيادة نشاط جينات أخرى ، وتعرض بعض الچينات الأخرى لحالة كمون وراثى ، مما يؤثر على الناحية الوظيفية للخليط .

أحمد : كيف يتم ذلك ؟

المهندس : يحدث ذلك من خلال ما يلى :

١- قلة تكوين المواد المسئول عن تكوينها الچينات .

٢- نقص عمليات الهدم والبناء بالخلية ، بما يعرض الكائن الحى إلى الهزال والضعف .

٣- يؤدى الانخفاض المفاجئ والمتكرر فى مستوى الطاقة إلى زيادة المواد التالية بالخلية ، وزيادة معدل تراكمها ، وتعرضها للشيخوخة المبكرة .

٤- تزداد الخطورة فى حالة تعرض الچينات الموجهة لتكوين بعض الخلايا والمكونات الحساسة جداً بالجسم إلى انخفاض مستوى طاقتها مثل خلايا المخ والعضلة الصقلية بالقلب والخلايا العصبية ، وسوائل الجهاز المناعى ، مما يؤدى إلى فقد التحكم فى كل العمليات الحية ، وتحول جسم الكائن الحى إلى فريسة سهلة للميكروبات ويؤدى ذلك إلى الوفاة الحتمية إن لم يحدث تدخل چينى عالى المستوى وفورى .

٥- قد ينتج عن عمليات التغير فى مستوى الطاقة الدناوية[١] وتكسير وتكوين الروابط سموم «توكسينات» ضارة بعمليات التحول الغذائى وحيوية الخلايا .

شيماء : لكن كيف يتم علاج حالات الضعف الچينى ؟

المهندس : يتم علاج حالات الضعف الچينى على مستويات متقدمة كما يلى :

(أ) إدخال چينات موجهة لتكوين مولدات طاقة للچينوم :

وذلك لرفع مستوى الطاقة إلى المستوى العادى للمحتوى الچينى ، ويتم إدخال تلك من خلال الجراحة الچينية ، ولابد من اختبار مدى نشاطها فى الچينوم والمواضع التى سيتم إدخالها فيها من خلال التجارب الأولية ، كما يجب ألا تزيد الطاقة الناتجة عن مولدات الطاقة من مستوى معين ، حتى لا تؤدى الطاقة الزائدة على المستوى

(١) الطاقة الدناوية هى الطاقة الموجودة بالدنا الوراثى ، والتى تسمح له بأداء وظائفه .

المطلوب إلى تكسير الروابط أيضاً ، وإدخال الخلية من جديد فى أمراض نقص مستويات الطاقة الچينية .

أحمد : وهل يمكن قياس الطاقة الناتجة عن عملية الإدخال الچينى ؟

المهندس : يتم قياس الطاقة الناتجة عند إدخال الچينات الموجهة لتكوين مولدات الطاقة من خلال أجهزة دقيقة جداً لقياس الطاقة ، والتى يتم إدخالها مع الچينات المدخلة، والتحكم فيها عن بعد من خلال الموجات ، وتعطى قراءات مستويات الطاقة الناتجة على شاشات أجهزة دقيقة معدة لذلك ، كما يمكن من خلال بعض الأجهزة الموجية الدقيقة معرفة مدى قوة الروابط الهيدروجينية بعد إضافة الجينات المولدة لمواد الطاقة ، وقياس مدى تعبير الچينات عن نفسها ، وكمية نشاطها .

ب- استبدال الچينات الضعيفة بچينات قوية : يتم فى تلك التقنية إدخال چينات طبيعية قوية إلى چينوم الخلية الچنينية الأولية، أو الخلية الجسمية الناضجة فى أى نسيج،وذلك بعد استئصال الچينات الضعيفة،مع مراعاة أن تتم عملية إدخال الچينات القوية إلى الچينوم المنقول إليه فى نفس وقت إستئصال الچينات الضعيفة، تلافياً لتوقف النشاط الحيوى للخلية الحية، وتعرضها للموت .

شيماء : وكيف يتم ذلك ؟

المهندس : وتتم عملية الإدخال والاستئصال تحت تحكم إلكترونى كامل ، ومن خلال تحكم حاسوبية (١) مبرمجة سابقاً لإتمام هذه العمليات بدقة وسرعة كبيرة جداً وذلك تلافياً للأخطاء التى قد تحدث عند الاعتماد على الجراح الچينى (الإنسان) فقط فى إجراء تلك العمليات .

أحمد : لكن ماذا يحدث فى حالة كون الچينات الطبيعية ضعيفة ؟

المهندس : قد يتم إدخال چينات مستنسخة من چينات طبيعية بدلاً من الچينات الضعيفة، وفى تلك الحالة لابد من إجراء عملية الاستنساخ على چينات كائن آخر من نفس النوع ، حتى لا تتعرض الچينات المدخلة إلى المقاومة من الجهاز المناعى من الجسم.

---

(١) تعمل خلايا التحكم من خلال برامج حاسوب «كمبيوتر» معينة.

جـ ـ استخدام إنزيمات الإصلاح .

تستخدم إنزيمات الإصلاح فى حالة حدوث انخفاض قليل إلى حد ما فى مستوى طاقة الچينات ، والذى يكون ناتجاً عن تغير بسيط يمكن إصلاحه .

يتم تحديد الإنزيم أو المجموعة الإنزيمية الخاصة بإصلاح هذا التغير ، وإدخالها بعد ذلك إلى الچينوم ، ومعرفة مقدار التغير فى مستوى الطاقة من خلال أجهزة المراقبة الالكتروچينية(١) ، ومن خلال منحنى الطاقة قبل إدخال الإنزيمات وبعدها .

د- الجراحة الچينية والچينات المميتة :

الچينات المميتة هى نوع من الچينات إذا وجدت بصورة سائدة، فإنها تسبب موت حاملها ، ويرجع السبب فى ذلك إلى توجيه تلك الچينات إلى إفراز مواد تعمل على إيقاف العمليات الحيوية بالخلية ، وزيادة نسبة المواد السامة بها ، وقد اكتشفت تلك الچينات بعد تجارب عديدة على بعض أنواع الفئران ، والمحتوى طاقمها الوراثى على تلك الچينات ، مما كان سبباً فى موت كل الفئران الحاملة لهذه الچينات .

شيماء: وكيف يتم علاج هذه الحالة ؟

المهندس: ولعلاج حالات الچينات المميتة لابد من إجراء عمليات استئصال لتلك الچينات من چينوم الخلية ، سواء كانت خلية جسمية ، أو خلية جنينية أولية .

شيماء: وكيف تتم هذه التقنية ؟

المهندس : وتتم تقنية الاستئصال الچينى فى هذه الحالة بتحديد مواضع تلك الچينات على الدنا من خلال إنزيمات التحديد ، ثم استخدام إنزيمات القطع لفصلها عن باقى الچينوم ، وقد تستخدم بدلاً من إنزيمات القطع بعض أنواع أشعة الليزر ذات الأقطار الشعاعية الصغيرة جداً .

وقد يتم إدخال چينات جديدة لأداء بعض الوظائف الإضافية بالخلية فى المواضع التى تم استئصال الچينات المميتة منها ، أو يتم لصق شريط الدنا باستخدام بعض الإنزيمات الخلوية اللاصقة .

---

(١) أجهزة المراقبة الإلكتروچينية هى أجهزة ألكترونية تستخدم لرصد سلوك الچينات .

فى حالة حدوث تداخل فى الأداء الوظيفى بين الچينات المميتة ، وغيرها من الچينات الأخرى الهامة بالخلية ، لا يتم استئصال الچينات المميتة ، ولكن يتم إدخال جينات مضادة لها إلى جينوم الخلية ، وذلك لتثبيط عمل تلك الجينات ، وغالبًا ما تكون تلك الجينات مستنسخة استنساخاً عكسياً[1] للچينات المميتة.

وعند تعذر إجراء أى من العمليتين السابقتين يتم إدخال مثبطات للمواد المتكونة تحت توجيه الجينات المميتة ، بهدف إبطال مفعولها ، أو التقليل قدر المستطاع من التأثير القاتل لها .

وتتم كل العمليات السابقة تحت التحكم ورقابة جهازية إلكتروجينية عالية المستوى، لقياس معدل إفرازات الجينات المميتة، ومدى تعبير الجينات المضادة لها عن نفسها ، ومعدل حدوث الأيض الخلوى .

أحمد : لكن ماذا عن تطبيقات العلاج بالجينات ؟

المهندس : تستخدم تقنية العلاج بالجينات فى علاج الكثير من أمراض النبات والحيوان والإنسان ، وهى تقنية طبية عالية المستوى ، وتحقق العلاج التام إذا استخدمت بدقة تقنية عالية ولاسيما فى علاج الأمراض الوراثية ، والتى يصعب التعامل معها من خلال المواد الكيميائية ، والتى قد تضيف طفرات جديدة للجينوم .

شيماء : يبدو أن تنقية العلاج بالجينات ذات دور مهم فى مستقبل الطب .

المهندس : لقد فتحت قضية العلاج بالجينات آمالا جديدة للتخلص من شبح الأمراض الوراثية ، والذى يطارد الأجيال جيلا بعد جيل من خلال انتقال مورثات المرض عبر الأجيال ، وأصبحت أمراض الهيموفيليا (سيولة الدم) والسكر الوراثى ، وفقدان الذاكرة التام (الزهايمر) ، وحالات عدم التوافق الوراثى النباتية ، من الأزمات الصحية لهذا العصر ، والتى صعب التغلب عليها باستخدام التقنيات الطبية التقليدية .

إن الحالات المرضية العديدة والتى تم علاجها باستخدام تقنية العلاج بالجينات حققت نجاحاً كبيراً .

---

(١) الاستنساخ العكسى هو استنساخ چينات مضادة لعمل چينات ما ، وعلى قالب من تلك الچينات .



الفصل الثامن

ثورة العلاج بالجينات وأمراض النسل

شيماء : لكن هل يمكن استخدام تقنية العلاج بالجينات مع أمراض النبات ؟

المهندس : تتعرض أنسجة النبات للعديد من الميكروبات ، والتى تعمل على إتلاف تلك الأنسجة ، وإفراز العديد من السموم «التوكسينات» داخلها ، وهذه الأمراض ليست وراثية ، أى لا تنتقل من الآباء إلى الأبناء عبر الأجيال ، وإنما بقاؤها وإصابتها للأجيال التالية يتوقف على مدى بقاء الميكروب المسبب للمرض نشيطا وقادراً على غزو النباتات التى تمثل أجيالا بعد ذلك ، ومن ثم فانتقال المرض يعتمد على النشاط الميكروبى ، وليس على العوامل الوراثية.

أحمد : نريد أمثلة على ذلك يا سيدى .

المهندس : تشتمل قائمة الأمراض الوراثية على أعداد كبيرة مثل :

مرض تقزم الكرنب ، والذى يسببه طفيل جذور الكرنب ، وهو طفيل من الحيوانات الأولية لا مميزة النواة [1] والأمراض النيماتودية والتى أصبحت تمثل الخطر المدمر لكل أراضى الاستصلاح والتى يتواجد منها أنواع كثيرة كنيماتودا تعقد الجذور التى تصيب جذور القطن ، ونيماتودا الموالح التى تصيب الموالح ، والنيماتودا الكلوية ... إلخ.

شيماء : وما هو هدف استخدام العلاج بالجينات حينئذ ؟

المهندس : استخدام تقنية العلاج بالجينات فى تلك الحالات يهدف إلى إدخال جينات مضادة لإفراز مواد مضادة لتوكسينات الميكروبات ، وتتم عملية إدخال الجينات بإحدى طريقتين :

١- إدخال جينات غير نشيطة ، بحيث تكمن تلك الجينات فى جينوم الخلية ، وتبدأ نشاطها عند تعرض الخلية لحالة غزو ميكروبى، ويعتبر ذلك نوعا من الطب الجينى الوقائى .

٢- إدخال جينات نشيطة فى حالة تعرض الخلية لغزو ميكروبى، حيث تبدأ الجينات فى العمل النووى بمجرد إدخالها ، بما يكفل إفراز مضادات نووية لسموم الميكروبات لتثبيطها والقضاء عليها .

(١) الكائنات لا مميزة النواة : هى التى لا يوجد حول نواة خليتها غشاء نووى .

في حالة الغزو الميكروبي الشديد للخلية النباتية ، وعدم جدوى إدخال الجينات مولدات مضادات السموم ، يتم استئصال الخلية المصابة ، واستزراع خلايا سليمة بدلا منها ، وتتم تلك التقنية وفقا لمستويين مرضيين :

أ ـ في حالة إصابة الميكروب لعدد قليل من الخلايا يتم تنشيط باقي الخلايا بعد استئصال الخلايا المصابة ، وذلك بهدف زيادة قدرتها التكاثرية ، لتنقسم مراراً لتعويض كمية الخلايا المستأصلة ، وتتم عملية التنشيط تلك بإدخال جينات موجهة للانقسام الخلوي، لزيادة كمية تلك الجينات في جينوم الخلية ، ومن ثمَّ زيادة معدل تعبيرها عن نفسها .

ب ـ في حالة إصابة الميكروب لعدد كبير من الخلايا تجرى في تلك الحالة عملية استنساخ حيوي لخلايا النسيج المصاب ، من خلال خلية واحدة سليمة ، ثم يتم استزراع هذا النسيج في جسم النبات ، وهذا النسيج المستنسخ لن يتعرض لأي نوع من المقاومة من السوائل المناعية للنبات ، لأنه نسخة طبق الأصل من النسيج الأصلي.

يوجد نوع آخر من الأمراض التي تصيب النبات تسمى بالأمراض الوراثية ، والتي تنتقل عبر الأجيال من خلال العوامل الوراثية ، وفي هذه الحالة لابد من العلاج بالجينات ، إذ أن استخدام المواد الكيماوية لن يجدي في استئصال المرض الوراثي ، وتتوقف طريقة العلاج على نوع الحالة المرضية .

١ـ في حالة وجود مرض وراثي ، عوامله الوراثية كامنة رغم كمون العوامل الوراثية للمرض ، لكن هذا لا يمنع من نشاط هذه العوامل الوراثية ، وبداية التأثيرات المرضية لهذا النشاط الجيني، وتجنبا لما قد يحدثه هذا النشاط الجيني ، يتم إدخال جينات مضادة للجينات المرضية ، وذلك لتثبيط عملها بمجرد نشاطها ، أو يتم استثارة الجينات الكامنة لإجبارها على الخروج من حالة كمونها ، وتعرضها لفعل الجينات المضادة ، مما يؤدي إلى تحكم أكثر في تأثيراتها المرضية .

أحمد : وهل توجد عيوب لتلك الجينات المضادة ؟

المهندس : يعيب استخدام الجينات المضادة استخدامها فقط في حالة بداية التأثير المرضي، أو احتمال ظهور أعراض المرض ، لكن لا يؤدي إلى إزالة الجينات المسببة للمرض

من جينوم الخلية ، وهذا يؤدى إلى تكرار حدوث المرض مرة أخرى .

٢ــ فى حالة وجود مرض وراثى ، عوامله الوراثية نشطة لا تصلح طريقة الجينات المضادة فى مثل تلك الحالة ، وذلك لسرعة البناء الجينى لإنتاج جينات جديدة فى حالة تثبيط الجينات المرضية.

شيماء: وما الحل إذن ؟

المهندس: لذا يكون التدخل الجراحى الجينى باستئصال الجينات المرضية هو الحل الأمثل لمنع انتقال المرض عبر الأجيال ، وتزداد ضرورة التدخل الجراحى فى حالة النشاط غير العادى من الجينات المرضية داخل جينوم الخلية ، ويجب التأكد عند استخدام تلك التقنية من عدم بقاء أى شفرات يمكن من خلالها بناء جينات مرضية جديدة قد يتعرض النبات لحالة من الفشل فى أداء وظائفه ، والناتج عن وجود تنافر بين العوامل الوراثية المتشابهة ، مما يؤدى إلى تعطيل آليات حيوية عديدة بالخلية ، وتسمى تلك الحالات بالأمراض الفسيولوجية ذات الأصول الوراثية .

أحمد: نريد مثالا لذلك يا سيدى ؟

المهندس: من أمثلة هذه الحالة ، فشل حبة اللقاح فى اختراق نسيج الميسم والقلم للوصول إلى البويضة بالمبيض لإتمام عملية الإخصاب ، ويرجع ذلك إلى تشابه العوامل الوراثية لحبة اللقاح والعوامل الوراثية للبويضة ، مما يوجد حالة من التنافر الوراثى ، تؤدى إلى إفراز مواد كيماوية تعمل على مقاومة أنسجة القلم لاختراق حبة اللقاح ، ولعلاج تلك الحالة يتم تعديل الطاقم الوراثى لنسيج القلم من خلال عملية استبدال جينى ، يتم فيها استئصال جينوم نسيج القلم بجينوم آخر متوائم وظيفيا مع جينوم حبة اللقاح ، أو يتم إدخال جينات مضادة لتثبيط جينوم نسيج القلم لحظة سقوط حبة اللقاح على سطح الميسم ، وإن كانت تلك التقنية صعبة التطبيق فى الحقل ، وتحتاج إلى تحكم ورقابة جهازية عالية المستوى .



الفصل التاسع

العلاج بالجينات وأمراض الحيوان

أحمد : وما دور العلاج بالجينات بالنسبة لأمراض الحيوان ؟

المهندس : يصاب الحيوان ـ بالعديد من الأمراض ـ بمختلف طوائفه من الأوليات الحيوانية ، فالديدان المفلطحة والأسطوانية فالرخويات والحلقيات والفقاريات ، وتتنوع تلك الأمراض طبقا للمسبب المرضى المحدث لها كما يلى :

١ـ أمراض وراثية تنشأ نتيجة حدوث خلل فى الطاقم الوراثى للكائن الحى «الحيوان» وتنتقل هذه الأمراض عبر الأجيال من خلال العوامل الوراثية.

٢ـ أمراض ميكروبية تنشأ نتيجة غزو الميكروبات لخلايا الجسم، وإفرازها للسموم التى تؤثر على عمليات الأيض بالخلية .

٣ـ أمراض فسيولوجية «وظيفية» تؤدى إلى فشل خلايا الحيوان فى أداء وظيفتها ، ويرجع هذا الفشل إلى حالات اللامواءمة الوراثية .

ويتم علاج الحالات السابقة بنفس التقنيات المستخدمة فى علاج أمراض النبات ، مع ملاحظة أن التقنيات الجينية ذات تكلفة عالية ، ومن ثمَّ فلا تستخدم إلا إذا كان التدخل الجينى مجديا من الناحية الاقتصادية .

شيماء : وما الحيوانات التى يتم التركيز على استخدام العلاج بالجينات معها؟

المهندس : تتركز عمليات العلاج الجينى على الجينات الحيوانية الخاصة بالماشية أكثر من غيرها من الحيوانات الأخرى ، وذلك لارتباط حياة الإنسان اليومية «الفلاح» بتلك الحيوانات واستفادته القصوى منها .

أحمد : وهل توجد تجارب تسبق التجريب على الحيوانات ؟

المهندس : تستخدم العديد من الحيوانات الأولية فى إجراء العديد من التجارب الأولية ، والتى تهدف إلى معرفة نسبة نجاح التدخل الجينى قبل تطبيق هذه التقنيات على طوائف حيوانية أعقد تركيبا، وإن كان لابد فى مثل تلك التجارب من وجود تقارب فى الجهاز الوراثى بين حيوانات التجارب ، والحيوانات المختارة لإجراء التجارب عليها. يراعى فى الحيوانات التى تستخدم كحيوانات تجارب فى تقنيات العلاج بالجينات، أن تخضع هذه الحيوانات لرقابة دائمة ودقيقة ، حتى لا يؤدى الاستخدام الخاطئ لإحدى التقنيات الجينية السابقة ، إلى نشأة مرض وراثى أو لاوراثى جديد.

شيماء : وهل توجد خطورة لذلك ؟

المهندس : إن حدوث خطأ فى سلسلة النيوتيدات بالدنا الوراثى فى إحدى تقنيات العلاج بالجينات فى أحد الحيوانات ذات معدل التكاثر والانقسام العالى ، يؤدى إلى إنتاج ملايين النسخ من جينات مرضية ، مما قد يؤدى إلى حدوث كارثة تشمل جميع أنواع الحياة على سطح الأرض .

أحمد : لقد قرأت مرة أن العلماء يستخدمون الأوليات الحيوانية فى تجاربهم الجينية

المهندس : تستخدم العديد من الأوليات الحيوانية فى عمليات إكثار تتابعات جينية مرغوبة، حيث يمكن من خلالها الحصول على ملايين النسخ من هذه التتابعات ، لاستخدامها المباشر فى عمليات العلاج بالجينات على المستويات الحياتية المختلفة ، أو حفظها لحين استخدامها بعد ذلك .

وقد يتم إدخال جينات موجهة لتكوين العديد من المواد الدوائية، فى عديد من الحيوانات الأولية ، والثديية ، كالبكتيريا والخنزير والفئران ، وتسمى تلك الحيوانات فى هذه الحالة بالحيوانات المحورة جينيا .

شيماء : وما الفائدة من هذا ؟

المهندس : تستخدم تقنية التحوير الجينى لجينوم غدد معينة كالغدد الثديية فى الثدييات فى إنتاج البروتينات الدوائية ، حيث يتم إدخال جينات فى جينوم الغدد الثديية لحيوانات معينة مثل الخنزير والفأر، مما يؤدى إلى إفراز البروتينات التى تتكون تحت توجيه الجينات المدخلة ، ثم تستخلص هذه البروتينات بطرق انتقائية عالية المستوى لفصلها عن مكونات السائل اللبنى المتبقى .

لقد أثبتت البروتينات العلاجية المستخلصة من الغدد الثديية للحيوانات المحورة جينيا نجاحاً كبيراً فى علاج العديد من الأمراض بدون إحداث أى آثار جانبية ضارة بالخلايا أو الأنسجة .

إن الحيوانات الأولية تمثل معملا حيويا خصبًا لعلماء تقنية الجينوم لاختبار وتصنيع العديد من الجينات ، فقد نجح العلماء فى استنساخ جينات مضادة من خلال تطعيم جينات غير متوافقة وراثيا بجينوم بعض الحيوانات الأولية ، مما أدى إلى تكوين

جينات مضادة لهذه الجينات ، حيث يتم استئصال هذه الجينات المضادة ، والاحتفاظ بها في بنوك الجينات لحين استخدامها ، أو استنساخها من خلال تحميلها في جينوم كائن أولى آخر .

أحمد : إن ذلك يحتاج إلى دقة بالغة .

المهندس : ويراعى في حالة إدخال جينات تستثير جينوم الحيوان الأولى لتكوين جينات مضادة لها ، ألا تؤدى تلك الجينات إلى اضطراب النظام الجينى بخلية الحيوان الأولى ، كما يجب إجراء اختبارات جينية دقيقة على الجينات المختارة لإدخالها إلى جينوم الحيوان الأولى ، ثم إجراء اختبارات بعد تكوين الجينات المضادة لمعرفة مدى قبول هذه الجينات على بعض خلايا الحيوانات المختارة كحيوانات تجارب والوصول إلى نتيجة علمية حاسمة لاستخدامها كجينات علاجية مثبطة لأداء بعض الجينات المرضية ، أو احتياجها إلى منشطات جينية لتؤدى دورها بكفاءة عالية .

الفصل العاشر

العلاج بالجينات والإنسان



أحمد : لقد عرفنا ما تقدمه ثورة العلاج بالجينات بالنسبة للنبات والحيوان ، لكن ماذا ستقدم للإنسان خليفة الله فى أرضه ؟

المهندس : استخدام تقنية العلاج بالجينات لعلاج أمراض الإنسان هو الهدف الأساسى لتلك التقنية ، للتخلص من آثار المواد الكيمياوية، والتى قد تؤدى إلى إتلاف بعض الجزيئات الخلوية ، أو إلى تثبيط نشاط البروتوبلازم ، وهذا يؤدى إلى ضعف حيوية الخلية ، وتراكم المواد التالفة بها مما يؤدى إلى إصابتها بشيخوخة مبكرة .

ويتم استخدام تقنية العلاج بالجينات إما لإزالة الخلل الوراثى الموجود بالخلية أو لإضافة أطقم وراثية جديدة ، ويتم التدخل الجينى إما على مستوى الخلية الجنينية الأولية ، أو الخلايا الجسمية الناضجة ، وتحت نفس ظروف التحكم والرقابة الإلكتروجينية السابق ذكرها فى استخدام العلاج بالجينات فى أمراض النبات والحيوان، ويلزم للتدخل الجراحى الجينى وجود خريطة كاملة لكل جينات الإنسان لفهم تركيب تلك الجينات وأدائها الوظيفى وعلاقتها بغيرها من الجينات فى المحتوى الجينى ، وذلك بهدف سهولة التعرف على الجينات المعطوبة ، ومحاولة إصلاحها ، أو إزالتها ، وهو ما يتم حاليا فى العديد من المراكز البحثية الدولية ، وتحت إشراف هيئة الأمم المتحدة ، وهو ما يسمى بمشروع الجينيوم البشرى ، ولا تهدف المراكز البحثية إلى خرطنة[١] جينات الإنسان فقط ، بل رسم خرائط كاملة لكل الكائنات الحية المهمة اقتصاديا للإنسان سواء كانت نباتات أوحيوانات ، كما تتخصص بعض المراكز البحثية الجينية فى خرطنة الجينوم الخاص بالكائنات الدقيقة ، وذلك لأهميتها فى عمليات الاستنساخ الجينى وإكثار الدنا.

إن خرطنة جينات الكائنات الحية ، سيجعل كل التقنيات الجينية التى سبق شرحها، سهلة التطبيق فى أى وقت لمعرفة التتابع الخاص بالجين المرضى من خلال الخرائط الجينية المعدة سابقا .

يأمل بعض العلماء فى الانتهاء من خرطنة الجينات لأغلب الكائنات الحية مع العقود الأولى من القرن القادم .

شيماء : وماذا عن مشروع الجينوم البشرى ؟

---

(١) خرطنة : أى رسم خرائط كاملة لجينات الإنسان .

المهندس : يهدف مشروع الچينوم البشرى إلى رسم خريطة كاملة لكل چينات الإنسان، وقد تم توزيع الچينات على العديد من المراكز البحثية الدولية المتخصصة فى هندسة الچينات ، ويقدر لهذا المشروع أن ينتهى عام (٢٠٠٥) وقد صرح د. كانتور مؤخراً (مايو ١٩٩٧) ، بأنه تم إنجاز أكثر من نصف المشروع ، ويجرى العمل فى المراكز البحثية بجدية كاملة لإنجاز المشروع فى الوقت المحدد له.

أحمد : إذن فهو مشروع مهم جداً للإنسان .

المهندس : إن إنجاز مشروع الچينوم البشرى سيجعل الإنسان يضع يده على الچين الذى يريده ، كما سيمكنه من تعديل طاقمه الوراثى طبقاً لما يريده من صفات ، وذلك بإدخال الچينات المسئولة عن تلك الصفات إلى چينوم الخلية الجنينية الأولية ، من خلال تقنيات التطعيم الچينى السابق شرحها .

كما تستخدم نفس نتائج مشروع الچينوم البشرى فى إدخال العديد من القطع الچينية إلى داخل چينوم الخلية الجسمية لزيادة قدرتها الحيوية ، بما يسمح لها بأداء وظائفها بكفاءة أعلى أو أداء وظائف جديدة لم تكن موجودة من قبل ، أو إزالة مواد ضارة بالخلية باستئصال الچينات الموجهة لتلك المواد .

شيماء : وما علاقة الچينات بالشيخوخة ؟

المهندس : الشيخوخة حالة تمر بها كل خلية حية فى مسار حياتها ، وقد تصيب الشيخوخة الخلايا مبكراً ، وقد تتأخر ، وتنتج الشيخوخة من تراكم الجزيئات التالفة بالخلية ، مما يعمل على تقليل الكفاءة الوظيفية للخلية ، ويؤدى ذلك إلى تلف بعض الأنسجة وضمور العضلات ، وضعف القدرة على التفكير والتذكر ، وضعف الحواس ، والقصور فى إمداد الخلايا بحاجتها من الغذاء والأكسچين ، ويرجع ذلك إلى انخفاض معدل ضخ الدم من القلب كما يضعف الجهاز المناعى وتضعف مقاومة الجسم للأمراض ، كما يتعرض الجهاز العصبى لبعض الاختلال فى أداء وظائفه ، تؤدى الشيخوخة إلى نقص الإفراز الهرمونى ، وتأثر السوائل الغدية والدموية بتراكم الجزيئات التالفة بها ، وتختلف الشيخوخة من فرد إلى آخر ، ومن خلية إلى أخرى بنفس الفرد ، ويعتمد ذلك على مقدار الإجهاد الواقع على الخلية، وقدرة

الخلية على التخلص من المواد التالفة المتراكمة بها ، والبيئة التى يعيش فيها الفرد ، وانعكاستها النفسية عليه ، حيث تتأخر الشيخوخة عند الفرد الذى يتمتع بجو أسرى هادئ ، بينما تبكر عند الشخص الذى يعيش فى جو أسرى مضطرب .

لقد نشأ عن الدراسات العديدة لحالات الشيخوخة علماً طبياً جديداً يعرف « بطب المسنين » ويهتم طب المسنين بمعرفة الحالة الطبية الكاملة للمسن ، واقتراح النواحى العلاجية والتدريجية والنفسية التى تقدم للمسن فى هذه الحالة .

أحمد : لكن ما الأمراض التى يعانى منها المصابون بالشيخوخة ؟

المهندس : ومن الأمر اض الخطيرة ، والتى يعانى منها المصابون بالشيخوخة أمراض القلب ، والعيون ، والشرايين ، والسكر ، والسرطان ، ومن أخطر الأمراض كلها التى تصيب المسن مرض فقد الذاكرة الدائم « الزهايمر » ، والذى عرضنا له فى تناولنا «لچينوميا المخ والأعصاب » والذى يتلف ٧٠٪ من خلايا عصب المخ .

لقد أصبح من اليقين العلمى أنه لا يمكن شفاء الشيخوخة ، لكن يمكن تأخيرها، أو الإقلال من تأثيرها ، وقد أجريت دراسات عديدة لتحقيق ذلك ، لكنها حققت نتائج قليلة ، ومع ثورة الطب الوراثى والعلاج بالچينات بدأت المراكز البحثية المتخصصة فى العلاج بالچينات فى محاولة استخدام التقنية الچينية لتأخير وتحجيم الشيخوخة .

شيماء: وما التقنيات الچينية المقترحة لعلاج ذلك ؟

المهندس : توجد العديد من التقنيات ، ومن أهمها :

أ - إدخال چينات محللة للمواد التالفة :

يتم فى هذه الطريقة إدخال الچينات توجه تكوين مواد إنزيمية محللة للجزيئات التالفة والمتراكمة داخل الخلية ، وقد يتم إدخال هذه الچينات إذا أظهرت الطرق التشخيصية وجود تراكم للمواد التالفة فى الخلية ، حيث تعمل هذه الچينات على تحليل هذه المواد بعد تكوينها ، أو يتم تطعيم الچينات المحللة كچينات كامنة فى چينوم الخلايا ، حيث تبدأ نشاطها عند بداية تراكم المواد التالفة بالخلية ، لكن هذا لن يمنع من عدم قدرة هذه الچينات على العمل عند وصول الخلية إلى عمر معين ، حيث لا يكون الوسط الخلوى ملائماً لعمل هذه الچينات .

ب. استنساخ خلايا جديدة .

تستخدم هذه الطريقة ى حالة فشل الجينات المحللة فى تحليل المواد التالفة بالخلية ، حيث يتم نزع الخلية الجسمية ، واستنساخ خلية طبق الأصل منها ، وقد يتم استنساخ نسيج أو عضو بالكامل من خلال إدخال چينات معينة توجه الخلية الجسمية للدخول فى أطوار انقسام متتالية لتعطى النسيج أو العضو ، ثم يعاد زراعة الخلية أو العضو بالجسم بعد استئصال الخلايا المصابة بالشيخوخة .

أحمد : لقد سمعت كثيراً عن الكائنات المحورة چينياً ، فما هى ؟ وكيف يتم تحويرها چينياً ؟

المهندس : يتميز كل كائن حى يا أحمد بطاقم وراثى محدد يقوم بتوجيه خلايا الكائن الحى لأداء وظائف معينة ، وتتقارب بعض الكائنات الحية فى جهازها الوراثى ليتقبل چينات منقولة إليه.

لقد أصبحت عمليات التطعيم الچينى الأساس فى الحصول على بعض الخلايا الحية ذات القدرة الفائقة على أداء تحوير الطاقم الوراثى لخلية ما ، أو غدة لإنتاج مواد مرغوبة ، وبكميات كبيرة .

قد تكون هذه المواد المنتجة بتقنية التحوير الچينى مواد غذائية أو ڤيتامينات أو بروتينات علاجية ، أو أى مواد حيوية أخرى .

تركزت اهتمامات العديد من باحثى تقنيات التحوير الچينى حول استخدام الغدد الثديية (للثدييات) فى إنتاج العديد من البروتينات العلاجية ، وقد حققت تلك التجارب نجاحًا كبيراً فى الكائنات التى تم تحويرها چينياً ، ومنها الفئران والماشية والخنازير .

يتم فى هذه التقنية إدخال الچينات الموجهة لتكوين مواد معينة والتى تم عزلها من قبل فى چينوم آخر فى چينوم الغدة الثديية للحيوان الثديى ، ولابد أن تكون الچينات المدخلة نشطة لتبدأ فى أداء وظائفها بمجرد إدخالها ، ويجرى بعد ذلك عزل المواد المطلوبة من السائل اللبنى للغدة الثديية من خلال طرق انتقائية عالية المستوى ، ثم تجرى الاختبارات الأولية على هذه المكونات قبل استخدامها .

تتميز البروتينات العلاجية المنتجة بهذه الطريقة بالفعّالية . ولكنها قليلة لا تفى بالحاجة الشديدة لمثل هذه البروتينات لذلك يدرس العلماء إدخال منشطات چينية لزيادة نشاط الچينات المطعمة فى چينوم الغدد الثديية .

يتم بنفس التقنية إنتاج العديد من الفيتامينات ، والتى يتم استخلاص الچينات الموجهة لتكوينها من النباتات المنتجة لهذه الچينات ، حيث يتم تطعيم هذه الچينات فى چينوم الغدد الثديية حيث تفرز الفيتامينات المشفرة من خلال الجينات ، ثم يتم عزل هذه الڤيتامينات ، واستخدامها .

يأمل العلماء فى إنتاج الفيتامينات ذاتيًا فى أجسام الحيوانات ، حيث يتم تحوير بعض الأطقم الوراثية لبعض الغدد ، أو السائل الدموى بهذه الچينات المشفرة لتكوين هذه الفيتامينات ، والموجودة بأنسجة النبات .

لا يتم فى هذه الطريقة عزل الفيتامينات المنتجة ، بل تبقى فى الجسم ليستخدمها عند الحاجة .

ويكمل المهندس حديثه وسط إصغاء وإنصات أحمد وشيماء قائلاً :

لقد استطاع علماء الڤيروسات تحوير بعض الفيروسات لإنتاج بروتينات مهمة من الناحية العلاجية ، وذلك من خلال حذف الچين المسئول عن تكوين البروتين الفيروسى فى داخل الخلية ، وإدخال الچين المنتج للبروتين العلاجى مكانه ، بحيث يكون الچين فى حالة نشطة ، وقد يتم إدخال منشطات چينية لزيادة الكمية المفرزة من هذا البروتين .

شيماء : ماذا يتم بعد ذلك ياسيدى ؟

المهندس : يتم بعد ذلك عزل البروتين المنتج بطرق انتقائية خاصة ، واستخدامه ، وقد يتم إدخال الفيروس المحور چينياً إلى داخل الخلية المصابة ، لإنتاج البروتين العلاجى فى داخل الخلية ، حيث يفرز البروتين ويعمل فى نفس المكان ، يوفر ذلك فرصة أكبر للقضاء على الميكروب الذى يغزو الخلايا مبكراً .

فى تجربة رائدة استطاع فريق من «جامعة كاليفورنيا» الأمريكية تحوير چينوم سلالة بكتيرية لتحليل وابتلاع مكونات الدم ، وسوف تكون هذه السلالة البكتيرية عنصراً

مهماً فى جميع أنواع الجراحات ، حيث إنها ستعمل على تنظيف الجروح الداخلية من آثار الدماء ، مما سيعمل على الحد من نسبة تلوث الأنسجة فى العمليات الجراحية

ورغم أهمية هذه السلالة البكتيرية فى تطهير العمليات الجراحية من الدماء ، إلا أن ثمة تخوفاً من إفراز هذه البكتيريا لبعض السموم داخل الأنسجة ، لذا يتجه العلماء إلى خرطئة چينات هذه البكتيريا ، وحذف الچينات المكونة لأى مواد ضارة بالخلايا ، حتى يكون الچينوم البكتيرى المحور نقياً من أى چينات موجهة لتكوين أى نوع من السموم.

وفى تجربة أخرى استطاع فريق علمى تحوير بعض السلالات البكتيرية چينياً لتحليل مواد التسوس بالأسنان ، والتغذية على نواتج التحليل ، وتعتبر هذه الطريقة مفيدة جداً فى إزالة التسوس بعد حدوثه ، حفاظاً على الأسنان الناضجة من استبدالها بأسنان صناعية .

يبحث نفس الفريق العلمى إمكانية تحوير نفس الچينوم البكتيرى بچينات مضادة بچينوم الميكروبات المسببة لتحلل طبقة المينا وبعض المكونات الأخرى بالأسنان ، ويمكن إدخال هذه الچينات كچينات كامنة ومبرمجة للنشاط المفاجئ المدمر بمجرد دخول الميكروب إلى خلايا الأسنان ، حيث تبدأ الچينات البكتيرية فى الارتباط بالچينوم الميكروبى وتدميره .

يوجد اتجاه بحثى قوى لدى العلماء إلى إدخال الچينات المضادة للتسوس فى چينوم الأسنان ، وبنفس التقنية السابقة ، وإن كان ذلك مازال فى مرحلة التجارب الأولية .

لقد نجح علماء التقنية الچينية من تحوير چينوم سلالة بكتيرية لتحليل وهضم المخلفات الناتجة من العمليات الجراحية ، والمتراكمة على الأدوات الجراحية ، مما يسمح بتطهير هذه الأدوات تماماً بوضعها فى مزارع خاصة بهذه البكتيريا ، ولابد من التأكد من عدم قدرة هذه البكتيريا على تحليل الخلايا الحية حتى لا تتكرر كارثة انتشار البكتيريا المحللة للأنسجة البشرية عام ١٩٩٤ م .

ثم يعقب **المهندس** قائلاً : أفى ذلك ما يكفى يا أحمد ؟.

أحمد : نعم يا سيدى .

لكن **شيماء** تقول : لقد قرأت إن ثمة علاقة وثيقة بين الچينات وتكاثر الكائن الحى، لذلك نرجو أن تحدثنا عنها .

المهندس (وهو فى غاية سروره) : لكى يحافظ كل نوع من الكائنات الحية على نوعه فإنه يكاثر نفسه بإنتاج أفراد جديدة تحفظه من الانقراض ، ويتطلب إنتاج فرد جديد يا شيماء التقاء الأمشاج الذكرية والأمشاج الأنثوية ، ويمثل الأمشاج الذكرية فى الانسان « الحيوانات المنوية » والأمشاج الأنثوية «البويضات» وعند التقاء الأمشاج تنتج الخلية الچنينية الأولية « الزيجوت » ، والتى يتتابع تمايزها من خلال مراحل التكوين الچنينى فى الرحم ، حيث تتكون كل الأعضاء بالتتابع ، وتنتهى هذه المراحل بالولادة.

تتكون الحيوانات المنوية داخل الخصية ، والتى تكون مدلاة خارج الجسم ، لتوفير درجة الحرارة المناسبة لبقاء الحيوانات المنوية حيّة ، ويتم إنتاج الحيوانات المنوية بانقسام الخلايا الأمية الجرثومية «٢ن» انقساما ميتوزيا لتعطى الخلايا الأمية المولدة للحيوانات المنوية ، والتى تنقسم ميوزياً لتعطى الحيوانات المنوية .

يتركب الحيوان المنوى من رأس تتميز بوجود الجسم القمى « أكروسوم » والذى يفرز الإنزيم الثاقب للبويضة « إنزيم هيالويورانيك» وقطعة وسطى تتميز بوجود جزيء الميتوكوندريا الصانع للطاقة الضرورية فى عملية الاتحاد النووى بين نواة البويضة ونواة الحيوان المنوى ، ثم ذيل الحيوان ، والذى يساعد الحيوان المنوى على الحركة فى السائل المنوى الذى يفرز من خلال الغدد التناسلية الموجودة كملحقات بالجهاز التناسلى ، ومن هذه الغدد «غدتا كوبر وغدة البروستاتا» .

يعتبر السائل المنوى سائلاً مغذياً للحيوانات المنوية ، إضافة إلى أنه عامل مساعد فى حركة الحيوانات المنوية إلى أعلى قناة البيض « قناة فالوب » حيث توجد البويضة التى يقوم بتلقيحها .

رغم وجود جزىء ميتوكوندريا بالقطعة الوسطى من الحيوان المنوى إلا أنه ضعيف الطاقة ، وطاقة أغلب الحيوانات المنوية لا تسمح لها بمواصلة رحلتها إلى أعلى قناة البيض ، والحيوان المنوى الذى يستطيع أن يصل للبويضة هو أقوى الحيوانات المنوية ،

وأكثرها طاقة وتميزاً فى الصفات الوراثية ، أمّا باقى الحيوانات المنوية فتهلك قبل وصولها إلى أعلى قناة البيض .

أحمد : لكن ماذا يحدث إذا وصل أكثر من حيوان منوى للبويضة ؟

المهندس : قد يصل أكثر من حيوان منوى إلى البويضة ، حيث تنقسم البويضة ويخصب كل جزء لتنتج التوائم غير المتماثلة ، وقد يكون الحيوان المنوى متعدد الرءوس وله ذيل واحد ، حيث تدخل هذه الرءوس إلى داخل البويضة المنقسمة إلى أجزاء عديدة، حيث يخصب كل حيوان منوى (رأس منوى) جزءاً من البويضة ، ويعتبر كل رأس منوى صورة طبق الأصل من الرأس الآخر ، وينتج ذلك توائم متماثلة متطابقة وراثياً ، ويتوقف اختلاف سلوكها باختلاف الظروف البيئية بعد ذلك .

تتكون الخلايا الأمية المولدة للبويضات ، والتى تنقسم ميوزيا لتعطى البويضات .

تتميز البويضات بوجود نواة مركزية تحمل الطاقم الوراثى الأنثوى يحيط بها السيتوبلازم والغلاف البيضى ، والبويضة ساكنة لا تتحرك حيث يقذفها المبيض لتستقر أعلى قناة البيض .

بعد الإخصاب تتكون الخلية الجنينية الأولى « الزيجوت » ثنائية العدد الصبغى «٢ ن» حيث تستقر الخلية الجنينية فى ثنايا الرحم وتدخل فى مرحلة التكوين الجنينى حتى الميلاد .

يتحكم العديد من الهرمونات فى إنتاج الحيوانات المنوية والبويضات أو على سبيل المثال فإن هرمونات البروجسترون والايستروچين يتحكمان فى عملية التبويض بالإنسان.

شيماء : وما دور التقنيات الجنينية فى ذلك ؟

المهندس : لقد استفاد الإنسان من تقنية الچينات فى توظيف العمليات التكاثرية لصالحه لتحسين نسله بما يتواءم مع ظروفه البيئية الصعبة ، ومن هذه التقنيات الجنينية التى استخدمها الإنسان فى العمليات التكاثرية :

- **استخدام تقنية الچينات لعلاج انعدام أو نقص الخصوبة :**

يتعرض الذكر لحالة العقم إذا قل معدل القذفة الواحدة لديه عن (١٠٠,٠٠٠) حيوان منوى ، إذ أن الحيوانات المنوية حساسة لدرجة الحموضة والقلوية والارتفاع فى

درجة الحرارة ، وتصاب الأنثى بالعقم إذا فشل المبيض فى إنتاج البويضة اللازمة لحدوث الإخصاب .

قد يكون عدد الحيوانات المنوية المنتجة طبيعياً لكن وجود انسدادات فى الممر التناسلى (فى الوعاءين الناقلين) يمنع خروج الحيوانات المنوية وقد يكون الانسداد موجوداً بالممر التناسلى الأنثوى حيث يمنع ذلك وصول : الحيوان المنوى إلى أعلى قناة المبيض وحدوث الإخصاب ، أو لمنع وصول البويضة إلى مكان الاخصاب .

ولعلاج حالات الانسداد فى الجهاز التناسلى الذكرى أو الأنثوى يتم التدخل الجراحى لإزالة هذه الانسدادات لتيسير انتقال الأمشاج خلال الممرات التناسلية .

وفى حالة نقص عدد الحيوانات المنوية يتم العلاج بأخذ عينة من الحيوانات المنوية ، وانتقاء أقوى الحيوانات المنوية فى هذه العينة من خلال العديد من الاختبارات ، والتى تتم على مستويات مختلفة .

تنزع البويضة بعد قذفها من المبيض بنفس التقنية السابقة ، مع عدم وجود طرق انتقائية ، لوجود بويضة واحدة يكونها أحد المبيضين بالتناوب .

يتم إجراء عملية الإخصاب بين الحيوان المنوى والبويضة فى وسط إخصابى مناسب فى أنبوبة اختبار ، حيث تتكون الخلية الجنينية الأولية « الزيجوت » والتى يتتابع تمايزها حتى مرحلة الثمانى خلايا « التوتية » ، ثم يعاد زرعها مرة أخرى بالرحم لتتابع تمايزها العادى حتى الميلاد

شيماء : وهل تصلح هذه التقنية فى كل الحالات ؟

المهندس : لا تصلح هذه التقنيات فى حالة انعدام إنتاج الحيوانات المنوية ، أو إنتاج حيوانات منوية ميتة غير صالحة لحدوث عملية الإخصاب ، أو عدم إنتاج بويضات ، وقد تكون البويضة المنتجة غير صالحة للإخصاب ، مما يجعل استخدام التقنيات السابقة غير صالحة لتوفير حدوث الإخصاب .

لقد أصبحت مشكلات عدم إنتاج الأمشاج من المعضلات الطبية ، والتى عجزت تقنيات الطب التقليدى فى تقديم حلول لها.

إنّ أمل البشرية فى التخلص من المعضلات الموجودة فى إنتاج الأمشاج يكمن فى

استخدام تقنية الچينات للتغلب على هذه المشكلات .

أحمد : وماهى تلك التقنيات يا سيدى ؟

المهندس : سأذكرها لكما فيما يلى :

أ : إدخال چينات مولدة للأمشاج :

يوجه تكوين الأمشاج مجموعة من الچينات ، والتى استطاع العلماء عزلها وتحليلها ورسم خرائط كاملة لها ، وقد تحفظ هذه الچينات فى بنوك الچينات لحين استخدامها .

ينتج عدم تكون أمشاج نتيجة لتلف الطاقم الوراثى الموجه لإنتاج الأمشاج ، ويتم فى هذه الحالة إدخال چينات مولدة للأمشاج واستئصال الچينات التالفة ، وتتميز الچينات المدخلة بالنشاط الفائق ، مما يجعلها قادرة على التعبير عن نفسها بمجرد إدخالها وقد يتم إدخال منشطات جنينية مع هذه الچينات لزيادة الكميات المفرزة من الأمشاج .

ب ـ إصلاح الخلل الجينى فى الچينات المولدة للأمشاج :

قد ينشأ عدم تكون الأمشاج نتيجة لخلل موجود فى الچينات المولدة للأمشاج ، ويتم إصلاح هذا الخلل بإدخال چينات معدلة لهذا الخلل ، حيث تعمل هذه الچينات على تكوين إنزيمات معينة لإصلاح الخلل الچينى الناتج عن بعض التغيرات الكيميائية فى تلك الچينات .

وفى حالة وجود خلل جينى نتيجة لاختلاف ترتيب القواعد النيتروجينية بالنيوتيدات تستخدم الذبذبات الكهربائية لإرجاع القواعد إلى وضعها الصحيح .

جـ ـ إزالة حالات التثبيط للچينات المولدة للأمشاج :

قد تكون الچينات المولدة للأمشاج سليمة ، لكن وجود جينات مضادة لها يثبطها ويمنع أداءها لوظائفها .

قد ترتبط هذه الچينات مباشرة بالچينات المولدة للأمشاج وتثبطها ، أو تعمل على تكوين مواد مثبطة لها .

ويتم علاج هذه الحالات باستئصال الجينات المضادة من الجينوم أو إدخال جينات مثبطة لها ، وقد يتم إدخال جينات لتكوين مواد محللة للمواد المثبطة للجينات المولدة للأمشاج ، ولابد من اختبار الأداء الجينى الوظيفى بعد إتمام هذه التقنيات ، وقياس معدَّل إنتاج الأمشاج ، وتأثير الجينات المدخلة على الجينوم الموجود .

د - الاستنساخ الحيوى من خلايا جسمية :

تستخدم تقنية الاستنساخ الحيوى عند فشل التقنيات السابقة فى إنتاج أجيال جديدة ، حيث يتم نزع خلية جسمية من الكائن الحى ، وامتصاص المواد الغذائية من سيتوبلازم الخلية ، لإجبار الطاقم الوراثى للخلية الجسمية على الارتداد إلى الحالة الجنينية ، وذلك بهدف إزالة كمون العديد من الجينات التى فقدت وظيفتها نتيجة للتخصص الجينى .

تسحب نواة الخلية الجسمية من خلال تقنيات رفيعة المستوى ، وباستخدام ألياف ضوئية ميكروبية ، ويتم تفريغ البويضة عن نواتها بنفس التقنية السابقة .

يتم وضع نواة الخلية الجسمية فى الفراغ النووى للبويضة ، ويعاد زرع البويضة فى الرحم لتدخل فى مراحل التكوين الجنينى والنمو ، لتعطى فرداً جديداً بعد ذلك .

يصمت الجميع وكأن الأسئلة فى ذهن أحمد وشيماء قد قاربت على الانتهاء ، ولكن **المهندس** يقول لهما : من أحدث ما توصل إليه علماء الجينات ، وجود علاقة بين الجينات والأمراض النفسية .

شيماء : كيف ؟

المهندس : يعانى العديد من البشر من أخطار الأمراض النفسية المدمرة ، والتى تؤثر على الأداء الوظيفى للخلايا ، فتقلل من نشاطها الحيوى وتعمل على إنقاص معدل البناء والهدم للخلية الحيَّة . ومن أخطر الأمراض النفسية التى تصيب الإنسان القلق والاضطراب النفسى ، والعزلة ، والاكتئاب .. إلخ ، ومن المظاهر الخطيرة لتلك الأمراض النزوع إلى الوحدة ، وعدم القدرة على اتخاذ القرار ، والشعور الكاذب بالاضطهاد من المجتمع ، وإدمان المخدرات وارتكاب العديد من الجرائم .

إن كل الأبحاث التى أجريت للتعامل مع الأمراض الوراثية انصبت على ترويض

النفس ، والتى تعتبر مركز الرغبات على نبذ الصفات السيئة ، أو التقليل من حالات التوتر النفسى الشديد من خلال المسكنات التى تعمل على إنقاص معامل التوتر النفسى للإنسان ، مما يعمل على تقليل حدة الأمراض النفسية .

لقد استطاع العلماء مع التقدم الهائل لهندسة الجينات كشف الأسباب الحقيقية للأمراض الوراثية ، حيث وجد العلماء أنَّ التوتر فى الحالة النفسية والذى يكون السبب المباشر فى إصابة الإنسان بالعديد من الأمراض الوراثية المعروفة ، ويرجع إلى حدوث اضطراب فى الإفرازات الغدية للجسم .

إنَّ حدوث اختلال فى الأداء الهرمونى والإنزيمى داخل جسم الكائن الحى لهو كفيل بالتأثير على معامل التوتر النفسى له ، من خلال تأثير هذا النقص الإفرازى على معدَّلات وصول الرسائل العصبية بين الخلايا مما يجعل الخلية فى حالة توتر وشدة مستمرة لافتقارها إلى التوازن الطبيعى لاستمرار نشاطها المعتاد .

قد تنشأ حالة التوتر النفسى من اختلال توزيع الشحنات الكهربية والمغناطيسية داخل الجسم ، مما يولد حالة شديدة من التوتر النفسى .

شيماء : لكن كيف يتم التحكم فى عمليات الاتزان الهرمونى تلك ؟

المهندس : يتحكم فى عمليات الاتزان الهرمونى والإنزيمى فى الجسم العديد من المجموعات الجينية ، والتى تشفر لتكون هذه الهرمونات والإنزيمات ، كما يعمل على توزيع الشحنات الكهربية والمغناطيسية داخل الخلايا مجموعات جنينية أخرى .

لذلك اتجه العلماء إلى رسم خرائط كاملة لهذه الجينات ، وعزلها وتحليلها واستخدامها لعلاج العديد من الأمراض الوراثية ، وفقاً لمستويات عديدة .

أحمد : وما هذه المستويات ؟

المهندس : يمكننا إدراج هذه المستويات كما يلى :

١ - إدخال جينات لضبط التوازن الحيوى :

تستخدم هذه الطريقة فى حالة حدوث اضطراب فى التوازن الهرمونى والإنزيمى ، أو حدوث اختلال فى توزيع الشحنات الكهربية والمغناطيسية داخل الأنسجة ، حيث يتم إدخال هذه الجينات النشطة فى الجينوم البشرى لتوجيه تكوين مواد معينة لضبط

التوازن داخل الأنسجة .

تعمل بعض المواد على زيادة المعدّل الإفرازى لبعض الهرمونات إذا كانت ناقصة ، ويعمل البعض الآخر على إنقاص المعدّل الإفرازى للبعض الآخر إذا كانت زائدة ، وبالنسبة لتوزيع الشحنات الكهربية يتم ضبط توزيع الشحنات الكهربية داخل وخارج الخلايا، وذلك للوصول إلى معدل اتزان للكهربية والمغناطيسية الحيوية داخل الجسم .

لا يفضل فى هذه الحالة التقنية إدخال منشطات جينية لضمان توافر الأداء الطبيعى لعمل هذه الجينات ، ولابد من إجراء العديد من الاختبارات الأولية لمعرفة معدّل تعبير الجينات المدخلة عن نفسها .

٢- إدخال جينات معدّلة للخلل فى جينات التوازن الحيوى:

قد تكون الجينات المسئولة عن تكوين الهرمونات والإنزيمات مصابة بحالة خلل وراثى ، مما يؤثر على عملية الضبط الحيوى لهذه الهرمونات والإنزيمات ، ولعلاج هذه الحالة يتم إدخال جينات معدلة للخلل الجينى الموجود من خلال ارتباط هذه الجينات بالجينات المسئولة عن عمليات الضبط الحيوى ، أو تكوين مواد معينة تقوم بعمليات الإصلاح .

ولابد فى هذه الحالة من دراسة التركيب الجينى والخلل الموجود دراسة مستفيضة لاختيار مجموعة الجينات المعدّلة الصالحة لعلاج هذا الخلل . وقد يتم استخدام الذبذبات الكهربية فى حالة وجود خلل ناتج من تغير فى ترتيب القواعد النيتروجينية فى شريط الدنا .

٣- إزالة تثبيط جينات التوازن الحيوى :

قد تكون الجينات المسئولة عن عمليات ضبط معامل الاتزان الهرمونى والإنزيمى ، ومعامل الكهربية والمغناطيسية الحيوية داخل جسم الإنسان سليمة ، لكن وجود مواد مثبطة لهذه الجينات يعمل على إعاقة عملها ، ويتم علاج هذه الحالة باستئصال هذه الجينات ، أو إدخال جينات مضادة لعمل هذه الجينات وتفضل عملية الاستئصال لتفادى حدوث تضارب فى الأداء الجينى للجينات المضادة ، مما يؤدى إلى اضطراب فى الجهاز الوراثى للكائن الحى .

أحمد : ماذا عن بنوك الجينات يا سيدى ؟

المهندس : لأهمية الجينات ، ولتطبيقاتها العديدة ، تركزت أبحاث العلماء لفترة طويلة على دراسة طرق حفظ الجينات لحين استخدامها ، وتعتبر فترات الحفظ الحالية متوسطة المدى ، ويأمل العلماء فى إيجاد وسائل حفظ طويلة المدى مع تقدم تقنيات الحفظ الجينى .

تحفظ العينات الجينية والأصول الوراثية فى نيتروجين سائل مبرد تحت درجة ١٨٦ْم تحت الصفر ، وتقوم مؤسسات كاملة برعاية عمليات الحفظ ، وضبط أنظمة الحفظ الإلكترونية ، والتى تعمل بتحكم إلكترونى كامل .

تسمى تلك المؤسسات ببنوك الجينات ، وتشتمل على العديد من الجينات المحفوظة كالجينات النباتية والحيوانية والبشرية ، وبعض الجينات لكائنات قديمة تمَّ استئصالها وعزلها وحفظها لحين استخدامها ، وتعتبر بنوك الجينات مركز حفظ لأهم وأخطر المعلومات البشرية ، تلك المعلومات التى ترسم سلوك إنسان بالكامل ، وترسم تركيبه ، وهى أمل الإنسان فى التخلص من الأمراض الفتاكة التى تدمر جسده بين حين وآخر.

أحمد : إذن لابد من وجود علاقة بين الكمبيوتر والجينات ؟

المهندس : بالطبع يا أحمد .

شيماء : كيف ذلك .

المهندس : تتميز عمليات إدخال واستئصال وتطعيم العديد من الجينات بالتعقيد الشديد ، وضرورة الدقة المتناهية فى إجراء هذه العمليات، كما تحتاج عمليات التحليل والعزل الجينى إلى وسائل متقدمة لحفظ الجينات المعزولة لحين استخدامها . تتم عمليات الحفظ للعينات الجينية داخل بنوك الجينات وفى نيتروجين سائل مبرد تحت ١٨٦ْم تحت الصفر ، وتحت ظروف بيئية معينة ودائمة ، ولا يمكن توفير هذه الظروف تحت السيطرة المباشرة للإنسان ، لذلك تتم عمليات الحفظ تحت تحكم إلكترونى كامل وباستخدام برامج حاسوبية عالية المستوى ، حيث يتم ضبط العمليات المتسلسلة لتوفير حفظ دقيق وآمن للعينات الجينية .

إنَّ الأساس فى مشروع الجينوم البشرى ، وهو أضخم مشروع بيولوجى شهدته

البشرية ، تخزين كل المعلومات الوراثية فى ذاكرة الحاسوب «الكمبيوتر» واستخدام أفضل الطرق الانتقائية لها وبسرعة كافية ، حتى يتم إجراء العمليات الجينية بكفاءة تامة .

إن العديد من المراكز البحثية الكبرى المتخصصة فى هندسة الجينات ترتبط بقنوات خاصة من خلال شبكة الإنترنت حيث يتم تحمل كل الخرائط الخاصة بالجينات ، وكافة المعلومات الخاصة بتجارب هذه المراكز ، حتى يتسنى للباحثين بهذه المراكز توزيع أدوارهم العلمية ، منعاً لتكرار العديد من التجارب دون جدوى ، كما يتيح لهم تبادل الاستفادة من خبراتهم ، مما يسرع من معدل إنجازهم .

لقد تم عرض خريطة كاملة لأكثر من ١٦ ألف جين وراثى ، وقد اشترك فى وضع هذه الخريطة ١٠٤ من العلماء من أربع قارات ويحاول العلماء فتح قنوات جينية جديدة على شبكة الإنترنت لتزايد طلب الاشتراك من المراكز البحثية الدولية فى هذه القنوات .

إن الخدمات التى ستقدمها قنوات الاتصال الوراثى على شبكة الإنترنت ستوفر الوقت والجهد للعديد من الباحثين ، مما سيجعل البشرية تخطو قدماً لتحقيق حلمها فى التخلص من العديد من الأمراض الخطيرة ، والتى تفتك بالآلاف من البشر ، وتوفير الغذاء لملايين الأفواه الجائعة .

* * * * *

الفصل الحادى عشـر

الجينات هل تخلصنا من التلـوث ؟



أحمد : لكن يا سيدى هل للجينات دور فى التخلص من النفايات العضوية ؟

المهندس : تستخدم الجينات كتقنية مهمة وآمنة بيئيا فى التخلص من المخلفات العضوية باختلاف مصادرها وأنواعها ، ولقد بذلت العديد من الدراسات ، وأجريت العديد من التجارب ، وبخاصة بالدول الصناعية الكبرى بهدف التخلص الآمن من هذه المخلفات التى أصبحت تمثل خطراً على صحة الإنسان ، باعتبارها ملوثات جديدة تضاف إلى قائمة الملوثات المدمرة لصحة الإنسان ، تعتمد التقنية الجينية للتخلص من المخلفات العضوية فى تحفيز مواد محللة لهذه المخلفات ، ويمكن إنتاج هذه المواد بتصنيع أو نسخ الجينات الموجهة لتكوينها ، ولزيادة أعداد هذه الجينات تحمل على دنا بكتيرى دائرى «البلازميد» حيث يتكاثر مع البلازميد بتكاثر البكتيريا ،ثم يتم استخلاص هذه الجينات وإزالة المعطوب منها ، ثم تحميلها على الدنا البكتيرى الخطى ، والذى يوجه البكتيريا لإنتاج المواد المحللة للمخلفات العضوية ، ويمكن استخدام نفس التقنية مع خلايا الخميرة أو أى كائن دقيق آخر ، وتفضل البكتيريا لأسباب عديدة منها :

أ ـ السرعة الفائقة فى تكاثرها .

ب ـ استطاعتها الحياة فى بيئات مختلفة .

جـ ـ سهولة تطعيم الدنا البكتيريا أكثر من غيره من الكائنات الأخرى .

شيماء : وما المجالات التطبيقية لهذه البكتريا ؟

المهندس : يمكن إطلاق هذه البكتيريا فى البحار الملوثة ببقع النفط فتعمل على تحليها ، وقد استخدمت هذه التقنية فى تنقية مياه الخليج العربى من آثار النفط عقب انتهاء حرب الخليج ، وتجرى الآن أبحاث عديدة لإعداد مخازن للبكتيريا ذات الدنا المطعم فى السفن الناقلة للبترول ، حيث يتم إطلاق هذه البكتيريا عند تسرب النفط من السفينة ، كما يمكن بنفس الطريقة التخلص من مخلفات المصانع قبل أن تصل إلى المجارى المائية كالأنهار والبحيرات ، وتستخدم نفس الطريقة للتخلص من المخلفات بعد وصولها إلى مياه المجارى المائية .

وقد نجحت نفس التقنية عند تطبيقها فى مواسير الصرف الصحى للتخلص من

المواد المتراكمة والتى تعوق حركة الصرف إلى محطات الترسيب عبر مواسير الصرف ، وكان قبل تطبيق هذه التقنية لابد من إزالة المواسير المتراكم بها تلك المواد ، أو إضافة أحماض عضوية تعمل على تآكل هذه المواد ، وهذا يعرض المادة المصنعة من إعادة استخدام الصرف إلى التلوث ، إلا إذا تم لها عملية تنقية من تلك الملوثات وهذا يرفع من تكلفة المنتجات .

يتم استخدام هذه التقنية بإطلاق البكتيريا المفرزة لمواد التحلل العضوى ، حيث تقوم بتحليل الرواسب والتخلص منها أو تنظيف مجرى مواسير الصرف الصحى دون إضافة أى ملوثات للمواد المصنعة منه .

وتزداد أهمية استخدام هذه البكتيريا فى حالة انسداد مواسير المياه ، وصعوبة تسليك هذه المواسير ، واستحالة إضافة مواد كيماوية لخطورة ذلك على صحة الإنسان من خلال عملية شرب هذه المياه المحملة بالمواد الكيماوية مما قد ينتج عنه العديد من الأمراض .

ويمكن لهذه البكتيريا الحياة داخل مواسير الصرف الصحى ، أو مواسير المياه دون مشكلات ، وكأن هذه المواسير تمثل أنابيب اختبار لها . ويمكن استخدام نفس البكتيريا فى محطات غسل السيارات للتخلص من المواد المتخلفة من عمليات التشحيم والتزييت المختلفة، كما يمكن التخلص من بقايا البنزين وعمليات التشحيم بالسيارة من خلال نفس التقنية .

أحمد : لكن أليس من الممكن استخدام هذه البكتيريا فى الغسيل المنزلى؟

المهندس : بلى ويوجد مؤشر لاستخدام تقنية البكتيريا المفرزة للمواد المحللة فى عمليات الغسيل المنزلى للتخلص من الدهون ، وتزداد أهميتها فى هذه الحالة فى الفنادق والمطاعم الكبرى ،حيث يتم الغسل آلياً، ويصبح التخلص من الترسيبات الدهنية على الأطباق صعباً للغاية .

قد تقوم البكتيريا المستخدمة فى تلك التقنية بتحليل المادة العضوية إلى مكوناتها وجعلها وجبة جاهزة لغيرها من الكائنات الحية الأخرى ، أو تحليلها والتغذى على نواتج التحلل .

شيماء : وماذا يمنع من استخدام نفس التقنية مع النباتات ؟

المهندس : يتم استخدام نفس التقنية مع بعض النباتات ، وذلك بتطعيم الدنا الخاص بها ببعض الجينات الموجهة لتكوين المواد المحللة ، ومن الممكن إجراء هذه التقنية على خلايا الأجنة فى البذرة ، والتى تتم زراعتها فى الأماكن المتراكم بها مخلفات عضوية ، أو فى قنوات صرف مخلفات المصانع ، حيث تقوم تلك النباتات بإفراز مواد محللة للمواد العضوية الموجودة ، والتغذية على نواتج التحلل ، وبذلك يحقق استخدام هذه التقنية فائدتين :

أولا : التخلص من المخلفات العضوية كملوثات للبيئة .

ثانيا : زراعة نباتات ذات صفات معينة يمكن الاستفادة من ثمارها أو تحميلها بجينات أخرى موجهة لتكوين بروتينات علاجية يمكن استخدامها فى نواحى طبية عديدة .

إن ثمة اتجاها يحدو بالعديد من باحثى تقنية الدنا المطعم إلى إنتاج مكعبات من المواد المحللة للمخلفات العضوية جاهزة للاستخدام المباشر .

ويمكن الاستفادة من الجينات المكونة لمواد التحلل فى تطعيم جينات خاصة بخلايا جذور النباتات الضارة ، مما يعمل على تكوين مواد تقوم بتحليل هذه الجذور ، ومن ثمَّ التخلص من تلك النباتات الضارة ، وهذا يتطلب إعداد خريطة كاملة للجينات المسئولة عن تكوين تلك المواد ، ونسخها وحفظها بعد ذلك فى بنوك الجينات . وقد يتم تطعيم تلك الجينات على جينوم المجموع الخضرى للنباتات عديمة الجذور كنبات الهالوك المتطفل على نبات الفول ويسبب خسارة كبيرة فى المحصول .

وعند تطعيم المجموع الخضرى بالجينات المكونة للمواد المحللة ، تعمل هذه المواد على تحليل جسم النبات وذبوله وموته ، ومن ثمَّ التخلص من الأضرار التى يسببها لنبات الفول ، ولقد تم تعميم هذه التقنية على العديد من النباتات الضارة ، ويعقد العلماء آمالا عريضة لتحقيق نتائج جديدة من خلال هذه التقنية .

شيماء : لقد سمعت فى إحدى ندوات الهندسة الوراثية أن علماء الجينات يحاولون علاج طبقة الأوزون من خلال الجينات ، فهل هذا صحيح ؟

المهندس : تمثل طبقة الأوزون منطقة حماية في الغلاف الجوى للحياة على سطح الأرض ، وتتكون هذه الطبقة من غاز الأوزون (O_3) وبعض الأيونات الأخرى ، وتعمل هذه الطبقة على وقاية سطح الأرض من وصول الأشعة فوق البنفسجية ، والتى تعمل على إصابة الجلد ببعض أنواع سرطان الجلد .

ورغم أهمية هذه الطبقة إلا أنها بدأت تتآكل بفعل الملوثات الكيماوية المتصاعدة من سطح الأرض ، وعوادم الصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية ، واختراق الطائرات النفاثة لها ـ لقد بدأت كمية الأشعة فوق البنفسجية فى الزيادة المضطردة بعد تعرض طبقة الأوزون للتآكل ، وبدأت تأثيرات اختراق الأشعة فوق بالنفسجية للغلاف الجوى تزداد معه ، ظهر ذلك فى صورة ارتفاع لدرجة حرارة الأرض ، وذوبان بعض ثلوج القطبين ، لقد أصبح علاج طبقة الأوزون من الأبحاث ذات الأهمية الكبيرة فى العديد من مراكز الأبحاث الكيماوية ، بل وأصبح لطبقة الأوزون مراكز أبحاث خاصة بها «مراكز أبحاث الأوزون» والتى تركزت أبحاثها على إطلاق صواريخ محملة بمواد كيماوية بهدف ترقيع طبقة الأوزون ، وقد حققت تلك الأبحاث بعض النجاح ، لكنها لم تنجح فى تقديم حلول جذرية لمشكلة الأوزون. ولأهمية طبقة الأوزون بدأ علماء «جينوميا الفضاء» تركيز أبحاثهم على هذه الطبقة ، لمحاولة إيجاد حلول جذرية باستخدام تقنية الجينوم ، حيث استطاع فريق علمى تحوير جينوم سلالة بكتيرية بحيث تستطيع الحياة الدائمة فى طبقة الأوزون ، وتعمل على تحليل المواد الكيماوية المسببة لتآكل طبقة الأوزون .

ويتم تحوير جينوم هذه البكتيريا من خلال تطعيم الدنا الخطى لها بجينات يمكنها توجيه البكتيريا للحياة فى منطقة الأوزون ، وجينات أخرى تمكن البكتيريا من تكوين المواد المحللة لمسببات تآكل طبقة الأوزون ، ويأمل علماء جينوميا الفضاء تحوير العديد من الكائنات الدقيقة للحياة فى طبقة الأوزون بحيث يمكنها تحليل الكيماويات المسببة لتآكل طبقة الأوزون .

أحمد : وهل للجينات دور فى مكافحة الآفات الحشرية ؟

المهندس : أصبحت الآفات التى تهاجم النباتات من المشكلات التى تواجه الفلاح ، والتى تدمر أحيانا نباتات المحاصيل والفواكه وغيرها من النباتات تدميراً كاملاً إما

بالتهام النبات وهو فى طور البادرة ، أو التهامه فى مراحل تالية لذلك ، وقد تؤدى الآفات إلى التهام الجزء الخضرى وبخاصة البراعم الطرفية والإبطية ، وغالبا ما تؤدى الإصابة بالآفات إلى التهام الجزء الثمرى فى المراحل المختلفة لمراحل التكوين والنمو الثمرى .

وقد تهاجم بعض الآفات جذور النباتات ، حين توجد الشعيرات الجذرية التى تمتص الماء والأملاح ، وتتركز بها نسبة عالية من الغذاء مثل الآفات النيماتودية ، والتى أصبحت تهدد العديد من الأراضى المصرية ، وبخاصة فى أراضى الاستصلاح ، وللتغلب على هذه المشكلات لجأ الباحثون إلى استنباط العديد من المواد الكيماوية للقضاء على هذه الآفات من خلال رش هذه المواد الكيماوية المبيدة للآفات النباتية على أجزاء النبات فى مراحله العمرية المختلفة ، ورغم الفائدة التى حققتها تلك المبيدات فى القضاء على العديد من الآفات ، إلا أن هذه المبيدات قد أحدثت خسارة فادحة للنباتات نفسها ، حيث لوثت هذه المبيدات أنسجة الثمار ، وفى بعض الأحيان تؤدى إلى تغير التركيب الكيميائى للثمرة ، مما يؤدى إلى إحداث تلوث خطير قد يسبب العديد من حالات الوفاة عند استهلاك هذه الثمار .

لذا كان لابد من محاولة طرق أساليب ووسائل جديدة لمكافحة تلك الآفات ، بحيث لا تؤدى هذه الوسائل إلى التأثير على تركيب النبات أو ثماره ، وبإضافة سموم «توكسينات» إلى أنسجته.

أحمد : وكيف تطورت هذه الوسائل ؟

المهندس : لقد تحقق هذا مع التقدم السريع والمتلاحق مع تقنيات الهندسة الوراثية وتقنية الجينوم ، فمن خلال دراسات عديدة وجد العلماء أن بعض النباتات تفرز من غدد معينة بأنسجتها موادكيميائية قاتلة للآفات ، أو منفرة للآفات وطاردة لها ، وهذه المواد تتكون تحت توجيه من جينات محددة تشفر لهذه المواد الكيميائية .

وفى مراحل تالية استطاع العلماء كشف هذه الشفرات والتعرف عليها ، واستنساخها ، وتطعيم الجينات المستنسخة فى جينوم البنات الذى يستلزم وجود هذا الجين لتكوين مواد قاتلة للآفات التى تهاجمه .

الفصل الثانى عشر

هل ستعيد الجينات اكتشاف الماضى ؟



إن ثمة مشروعاً قائماً لكشف كل الشفرات الخاصة بتكوين المواد الكيميائية المضادة للآفات ، واستنساخها ، وحفظها لحين استخدامها بعد ذلك ، فإن كانت تجارب المكافحة الجينية للآفات النباتية قد حققت نتائج جيدة فى المعمل ، إلا أنه من المتوقع وجود مشكلات عند التجريب فى الحقل .

شيماء : لقد قيل إن العلماء يدرسون الچينات القديمة وذلك بهدف الاستفادة منها ، فهل هذا صحيح ؟ وكيف ذلك ؟

المهندس : أثارت أبحاث عالم الهندسة الوراثية د: «سفانت بابوه » : الباحث بجامعة مينوخ بألمانيا حول الدنا الفرعونى الموجود بالموميات المصرية القديمة ، والتى أثبت فيها أن الدنا الفرعونى مازال باقياً لم يتحلل، لكن يوجد شك فى احتفاظ هذا الدنا بتركيبه ، فثمة احتمال لتعرض هذا الدنا للتغيير فى تركيبه ، من خلال حدوث طفرات بتأثير المواد المشعة المستخدمة فى صناعة توابيت تلك الموميا‌وات ، لكن لم يزل هذا الاحتمال قيد الدراسة للتأكد منه .

بذل د. بابوه مجهوداً كبيراً لإنشاء بنك چينات متخصص لحفظ الدنا الفرعونى ، والذى تجرى عليه حالياً أبحاث عديدة بهدف كشف شفرات التتابعات الوراثية المعبرة عن چينوم هذا الدنا ، ومحاولة استنساخ تلك الچينات ، وحفظ الچينات المستنسخة فى بنوك چينات خاصة ، وباستخدام نيتروچين سائل تحت ١٨٦° م .

إن بعض العلماء يأمل فى إجراء عمليات تطعيم چينى بين الچينوم الفرعونى ، وچينوم الخلية الجنينية الأولية ، وذلك بهدف فهم السلوك الفرعونى من خلال التأثير الجزئى للمادة الوراثية .

وقد يتم استئصال چينوم الخلية الجنينية الأولية ، واستبداله بچينوم فرعونى كامل تمت معاملته ليرتد إلى چينوم الحالة الجنينية المبكرة ، والسماح لهذه الخلية الأولية بإكمال مراحل نموها ، لتنمو إلى طفل طاقمه الوراثى فرعونى ، ويمكن من خلال وضع هذا الطفل فى بيئة شبيهة تماماً بالبيئة الفرعونية ، لدراسة سلوك هذا الطفل ، وكيفية تفكيره ، وقد تتم التقنية على أكثر من خلية جنينية ، ليولد أكثر من طفل بچينوم فرعونى ، ومن خلال تصميم بيئة فرعونية لهم ووضع العديد من المشكلات

أمامهم ، كالتى واجهت الفراعنة فى بناء الأهرامات والمعابد ، لفهم العديد من أسرار الحضارة المصرية القديمة .

سيكون الدنا الفرعونى القديم هو الوسيلة القاطعة لفهم صلات التقارب التى تربط بين الفراعنة فى مختلف الأسر الفرعونية ، فمن خلال عمليات تهجين بين المادتين المتواجدتين فى مومياويتين للفراعنة ، وذلك بقياس عدد القواعد النيتروچينية المتزاوجة، وسرعة تكون اللوالب وفقاً للعلاقة الآتية :

العلاقة التطورية أو مدى التقارب = ثابت التقارب ×عدد القواعد النيتروچينية المتزاوجة × سرعة تكون اللوالب .

إن عمليات التهجين بين العديد من الدنا الفرعونى ، ستوفر أدلة حاسمة لتحديد شجرة العائلة الفرعونية ، والتى حكمت مصر فترة طويلة ، ازدهرت فيها مصر حضارياً، وبلغت أوج مجدها ولاسيما تحديد الأبوة المفقودة لدينا لكثير من الفراعنة ، أو التى يوجد شك فى مصداقيتها ، كالفرعون توت عنخ آمون ، والذى يمكن من خلال المومياء الخاصة به إجراء العديد من التجارب الوراثية والتى ستوفر معلومات كثيرة عن فكره وسلوكه ونسبه .

أحمد : إذن يمكن من خلال الدنا القديم معرفة أسرار الحضارات المصرية القديمة ؟!

المهندس : لقد أصبح الدنا القديم بمثابة كهف أسرار الحضارات القديمة ، والذى يمكن من خلاله فهم العلاقات التى كانت سائدة بين الحضارات ، كحضارات اليونان والإغريق وحضارات بلاد الرافدين « دجلة والفرات » وحضارات جنوب شرق آسيا « الصينية والهندية» .

بل يمكن من خلال تجارب وأبحاث الدنا القديم الحكم القاطع بوجود حضارات قديمة بالقارة الأوربية ، والأمريكتين ، وتحديد نوع الفكر الحضارى الذى كان سائداً وقتذاك . لم يكتف العلماء بتطبيقات الدنا القديم على الإنسان فقط ، بل شملت الدراسات والأبحاث الدنا النباتى والحيوانى القديم ، وذلك أملاً فى تجديد الثروة النباتية المنقرضة من خلال الدنا الموجود فى بعض البقايا المتحجرة كحفريات ، والتى كانت تستخدم فقط لفهم العلاقات التطورية بين أفراد المملكة النباتية .

إن أبحاث الدنا القديم تعطى أملاً فى عودة الأشجار العملاقة من جديد ، من خلال استنساخ الچينوم الخاص بها ، وإيلاجه بدلاً من چينوم خلية جنينية أولية لنبات شائع الوجود .

شيماء : والدنا الحيوانى القديم ... ألم يمثل اهتماماً للعلماء ؟

المهندس : لقد أجريت أبحاث عديدة على الدنا الحيوانى القديم، وذلك لتحديد العلاقات التطورية بين العديدة من الكائنات الحيوانية القديمة ، ولفهم العديد من الأسرار الخاصة بحيوانات عملاقة ، كالزواحف التى سادت فى العصر الجوراسى والكريتاسى(١) ، ولاسيما الديناصورات ، والتى أصبح انقراضها لغزاً محيراً صعب فهمه لحقب زمنية طويلة ، ويحاول العلماء الآن تحليل تتابعات الدنا الوراثى الذى ثبت عدم تحلله .

يأمل العديد من العلماء فى استنساخ چينات الديناصورات ، وتطعيمها فى چينوم الخلايا الجنينية لبعض الحيوانات الفقارية ، لإنتاج كائنات ذات صفات معينة مهمة من الناحية العلمية ، وتحاول بعض المراكز البحثية إجراء عمليات استزراع چينى كامل لچينوم الديناصور بدلاً من چينوم بعض الحيوانات الفقارية فى الخلايا الجنينية المبكرة ، ويعقد الفريق البحثى الذى أجرى تلك الدراسات فى إمكانية عودة الديناصورات مرة أخرى من خلال عمليات الاسترجاع الچينى الكامل ، وإن كانت توجد مشكلات تقنوية عديدة بالدراسات والتجارب التى أجريت ، لكن توجد آمال كبيرة لنجاح هذه التجارب مستقبلاً .

(١) العصر الكريتاسى والجوراسى من العصور الچيولوچية القديمة والتى مرت على الأرض منذ ملايين السنين .



الفصل الثالث عشـــر

هل تمثل الچينات الدمار القادم للبشرية ؟

ويصمت الجميع وسط الملامح الحزينة التي بدت علي المهندس ليسأله أحمد . :

لم هذا الحزن يا سيدى ؟

المهندس : إنه حزن إنسان يا أحمد يتألم على توظيف العلم ضد مصالح البشرية ، وبخاصة تلك التقنية ذات الانعكاس الخطير على حياة الإنسان (الهندسة الوراثية) .

شيماء : كيف ؟

المهندس : ياعزيزى إن العصر القادم هو ذلك العصر المهندس وراثياً من وجهة نظرى ، عصر لغته هى الأبجدية الوراثية ، لامكان لمن لا يتقنها ، وإذا كانت الهندسة الوراثية قدمت للإنسان الكثير بما يسر له حياة آمنة على سطح الأرض ، فإنها شأنها فى ذلك شأن أى علم آخر سلاح ذو حدين ، فهى تحمل المحاسن والمساوئ فى آن واحد ، فمن خلال خطأ فى أحد معامل الهندسة الوراثية المنتشرة فى الدول المتقدمة يحتمل خروج چين مرضى مدمر يقضى على الحياة على سطح الأرض ، وهذا ما يجعلنا نعود بالأذهان إلى عام ١٩٩٤م حينما انتشرت البكتيريا المحللة للأنسجة البشرية والمسماة ببكتيريا « سبرستر بتوكوكس » ومازال أحد الأسباب المطروحة لنشأة هذه البكتيريا هو حدوث خطأ فى معامل الهندسة الوراثية ، وقد نوقش موضوع البكتيريا إيشير شياكولاى (بكتيريا البرامج الوراثية) كثيراً ، وكان جواب العلماء دومًا أن هذه البكتيريا تكيفت مع الحياة فى أنابيب الاختبار ، ولا تستطيع الحياة خارجها ، ومن ثم فلا خطورة منها .

ثمة أمر آخر يشغل بال العديد من الباحثين وهو الربط بين علم الهندسة الوراثية وعلم الجريمة ، فبعض العلماء يرى أن المجرم لديه أساس الاستعداد الوراثى لارتكاب الجريمة ، بمعنى أن طاقمه الوراثى ذو طابع عدوانى ، ومن ثمّ فلابد من تحديد هؤلاء المجرمين ومعرفتهم ومحاكمتهم قبل ارتكاب الجرائم ، وهذا ما يجعلنى أؤكد على أنه لو أطلق لمثل هذه الآراء الشخصية العنان فإننا مقدمون على عنصرية جديدة ... عنصرية أساسها الطاقم الوراثى حيث يتم تصنيف البشر إلى أذكياء وأغنياء وخادمين للبشرية وقتلة ... إنها عنصرية تقودها مافيا الچينات بهدف إشاعة الفوضى فى العالم .

كيف أحاكم وأنا لم أرتكب جريمة بعد ؟

هل يجوز هذا بحجة أن چيناتى عدوانية ؟

ومن يدرى ربما تحدث طفرة وأتحول من مجرم سفاح إلى وديع أليف كريم؟

إن للموضوع خفايا غير الأطقم الوراثية ، ووراءه مافيا تريد أن تتخلص من معارضيها، ولابد لها إذن من الترويج لهذا الأمر ، فمن خلاله تستطيع أخذ فتوى من أحد معامل الهندسة الوراثية بعدوانية معارضيها ومن ثم تصفيتهم جسدياً ولا يستطيع أحد أن يناقشهم لأنهم قد خلصوا البشرية من مجرمين وقتلة .

أحمد : ما أعجب الجينات حينما تنصب القاتل مخلصاً منقذاً !

المهندس : الأمر يكون أكثر فتكاً إذا ما تدخلت المؤسسات السياسية فى برامج الهندسة الوراثية ، وذلك بهدف إنتاج أسلحة جينية شديدة الفتك تامة التدمير وهو ما يعرف بحرب الجينات ، فمن خلال الأطقم الوراثية يمكن تحميل حشرة صغيرة أو ميكروب لا يرى بالعين المجردة بطاقم وراثى مرض السرطان ، الطاعون ، ... إلخ ، ثم إطلاق هذا الميكروب فى مجتمع ما ، لينطلق هذا الميكروب ويكاثر منه ويغزو خلايا الكائنات الحية جميعا ليحولها إلى أشلاء لا حياة فيها ، إنها لعبة جهنمية يفعلها الإنسان وسيدفع ثمنها الإنسان إذا لم يتدارك أمره ويقنن نفسه ويعلم ماذا ينتظره لو أطلق لخياله العنان سابحاً وراء أحلام مدمرة لا تغنى ولا تسمن من جوع .

* * * * *



الفصل الرابع عشر

تقنية الجينات .. عصب الاقتصاد فى القرن الحادى والعشرين

المهندس : وقد وقف وهو يتوسط أحمد وشيماء وهو يقول :

أوقن الآن أنَّ الجينات تمثل لنا صحتنا ، غذاءنا ، دواءنا ، إذن فلنقل أن الجينات تمثل اقتصاداً.

أحمد : اقتصاداً ؟ كيف .. كيف تمثل الجينات اقتصاداً ؟

المهندس : الاقتصاد يعنى الوصول إلى الاستفادة المثلى من الموارد المتاحة ، والجينات تمثل مخزوننا الوراثى ، ذلك الكنز الذى حبانا الله به ، وأودعه داخل خلايانا ، لنكتشف ذات يوم أن خلايانا تحتوى على كنز ، إنه أغلى كنز ، كنز يحتوى على كم من الأسرار لا يمكن لأى جهاز حمل معلوماتى أن يحمله ، لكن هذا الكم من دنا حلزونى مزدوج ، والغريب أنه موجود فى داخل نواة الخلية . من خلال استخدام تقنية الجينات أمكن لنا أن نزرع نباتات مقاومة للملوحة ، أو نباتات مقاومة للجفاف، أو نباتات مقاومة للضغط الأسموزى العالى .

من خلال تقنية الجينات أمكن لنا أن ننتج حبة قمح فى حجم التفاحة ، وبرتقالة فى حجم البطيخة ، أن ننتج النباتات الشديدة الاحتياج للضوء بطول كبير يصل لدرجة العملقة ، وأن ننتج النباتات المثمرة قليلة الاحتياج للضوء بحيث تكون قصيرة جدا ، مما يقلل من تكاليف جمع الثمار ، لقد تمكنا من خلال تقنية الجينات أن ننتج نباتات مقاومة للأمراض ، أن ننتج نباتا لا هو بالبطاطس ، ولا بالطماطم ، وإذا هو خليط بين هذا وذاك ، نبات البطاطم .

من خلال هندسة الجينات استطعنا أن ننتج حيوانات ذات لحم غزير ، وأخرى ذات لبن غزير ، وأخرى ذات فراء غزير ، كما يمكننا تحويل الغدد الثديية للحيوانات الثديية إلى مصانع للأدوية ، نحصل من خلالها على المضادات السرطانية ، والإنسولين ، وغير ذلك .

حققت هندسة الجينات لنا إنجازات خطرة فى التنقية البيئية من الملوثات ، مما يساعدنا فى إيجاد بيئة صحية خالية من التلوث ، فقد تمكنا من هندسة بعض البكتيريا لتحليل النفط العائم فى البحر ، وتحويله إلى بروتين أحادى الخلية ، يمكننا أن نتغذى عليه.

أمكن لنا من خلال هندسة الجينات أن نتخلص من العديد من الأمراض

المستعصية، والتى كانت فى الماضى تمثل شبحًا مخيفا للبشرية ، حيث قضت على آلاف البشر الذين أصيبوا بها ، لكننا الآن ونحن فى عصر الهندسة الوراثية يمكننا أن ندخل جينا ما لكى يعبر كما نريد ، أو نستأصل جينا مرضيا معينا .

إن العلماء يطمحون من خلال تقنية الجينات إلى علاج أمراض الإيدز والسرطان والالتهاب الكبدى الوبائى والسكتات المخية والجلطات القلبية ، وأمراض المناعة .. إلخ .

فى إحدى التجارب ـ استطاع فريق بحثى بألمانيا أن يهندس بعض البكتريا وراثيا بحيث تستطيع أن تلتقط ذرات الذهب من الأرض ، ويمكن من خلال تحليل هذه البكتيريا معرفة ما إذا كانت هذه الأرض غنية بالذهب أم لا ، حيث يتناسب معدل تواجد الذهب فى التربة مع معدل تواجد الذهب فى البكتيريا .

فى تجربة أخرى استطاع الفريق البحثى بقيادة العالم «سور» إنتاج البلاستيك من خلال هندسة بعض البكتيريا وراثيا ، ويعقد العلماء آمالا عريضة على التوسع فى المساحة الإنتاجية للبلاستيك من خلال تلك التقنية .

يطمح بعض العلماء إلى إنتاج بعض أنواع البكتريا المهندسة وراثيا لاستخدامها فى إبطال مفعول الألغام والمتفجرات ، بل وامتصاص الغبار الذرى ، بما يمنع أو يقلل من حجم الكوارث الناتجة عنه .

شيماء : وماذا يعنى ذلك يا سيدى ؟

المهندس : إن ذلك يوضح لنا أننا أمام عالم اقتصادى جديد ، اقتصاد تحكمه الجينات والهندسة الوراثية ، وهذا يؤكد أن العصر القادم هو عصر الهندسة الوراثية ، و أن الاقتصاد فى العصر القادم سيكون محكوماً بلغة الجينات .

إنه عصر الجينات ، ذلك العصر الذى سيصبح فيه الجين أغلى من الذهب ، وستصبح فيه بورصة الجينات هى البورصة الأولى فى العالم بأسره ، والذى سيستطيع أن يلعب دور المحرك لهذه البورصة، فسيتبوأ مقعد المتحكم فى اقتصاد العالم فى القرن القادم .

لذلك اهتم الاقتصاديون كثيراً بهذا المجال الاقتصادى الرحب والذى بدأ يفرض نفسه على الساحة بقوة ، حيث أعدت دراسات شملت :

ـ حساب التكلفة الكلية لعمليات التطعيم الدناوى .

ـ حساب التكلفة الكلية لعمليات النقل الجينى.

ـ حساب التكلفة الكلية لاستخدام تقنية العلاج الجينى

ثم حساب العائد الاقتصادى لهذه العمليات ، وحساب الربح بعد ذلك .

لابد حينئذ كما يرى علماء الاقتصاد من مقارنة المجالات الحديثة التى تقدمها هندسة الجينات ، بالمجالات التقليدية ، والتى يمكننا ذكرها فى الجدول التالى :

المجالات التقليدية	المجالات المستحدثة من خلال الهندسة الوراثية
الزراعة التقليدية	الزراعة من خلال التحوير الوراثى : ١- زراعة نباتات مقاومة للجفاف . ٢ـ زراعة نباتات مقاومة للأمراض. ٣- زراعة نباتات مقاومة للملوحة. ٤- زراعة نباتات ذاتية التسميد . ٥- زراعة نباتات ذات طول وقصر حسب الطلب.
الإنتاج الثمرى التقليدى	إنتاج الثمار المهندسة وراثيا وتشمل : ١ـ إنتاج ثمار كبيرة الحجم . ٢- إنتاج ثمار مخلطة (هجين من ثمرتين) . ٣- إنتاج ثمار عالية القيمة الغذائية .
إنتاج رؤوس الماشية ذات الاستخدام العام (المستخدمة فى إنتاج اللحوم والألبان) .	- إنتاج الماشية المتخصصة : ـ إنتاج ماشية منتجة للحوم. - إنتاج ماشية منتجة للألبان. - إنتاج ماشية منتجة للفراء .
استخدام التقنيات العلاجية التقليدية	استخدام التقنيات العلاجية الجينية.
استخدام المعالجات البيئية التقليدية	استخدام المعالجات البيئية المهندسة وراثيا.
إنشاء مصانع الأدوية	تحوير الغدد الثديية لإنتاج المواد الدوائية.

إن العالم كله بكافة مؤسساته الاقتصادية يتجه إلى دراسة اقتصاديات الجينات، للوصول إلى القرارات السليمة فى ذلك المجال الجديد .

شيماء : يبدو أن العالم سيتغير كثيرا فى العصر القادم يا سيدى !!

المهندس : إن ذلك مؤكد يا شيماء ، فالعصر القادم غير هذا العصر ، ولغته ستكون غير لغة هذا العصر .

إن عصراً لغته الجينات لابد أن يتغير ويختلف عن عصرنا ذلك، عصر اقتصاده ولغته الجينات.

أحمد " : وما موقف الدول النامية من عصر الجينات ؟

المهندس : إن موقفها صعب يا أحمد ، وخيارها أصعب ، فالدول المتقدمة تسير بخطى مسرعة لتحقيق خططها الموضوعة فى معامل وبحوث الهندسة الوراثية ، لنا سارعت مؤسسات قطاع الأعمال فى الدول المتقدمة إلى إنشاء شركات خاصة تستثمر فى مجال الهندسة الوراثية ، حيث تبلغ هذه الشركات المئات فى الدول المتقدمة .

شيماء : وما أكثر الدول التى تشجع ذلك ؟

المهندس : من أول الدول التى شجعت الأبحاث فى هذا المجال والتى تحظى بأكبر عدد من شركات الهندسة الوراثية الولايات المتحدة الأمريكية، يليها أوروبا .

شيماء : والدول النامية ؟

المهندس : يحاول بعضها أن يدخل هذه السوق الواعد ، والذى ينبئ بخير كبير واقتصاد وفير .

أحمد : السوق الواعد ؟!

المهندس : أعنى بالسوق الواعد ، سوق الجينات ، والذى دخل كل مجال ، وأصبح يمثل الغد الأكثر قرباً منّا .. لكن .... لكن .

شيماء : لكن ينبغى على الدول النامية أن تحافظ على أصولها الوراثية لأنها تمثل الكنز الذى حباها الله به .

أحمد : لكن ما المقصود بالأصول الوراثية ؟

المهندس : نعنى بأصول الأشياء أساسيات الأشياء التى لا يمتلكها الجميع ، بل تمتلك من خلال فئة واحدة فقط.

فإذا ما قلنا إن الأصول الذرية تتمثل (على سبيل المثال) فى اليورانيوم المشع ، فإنَّ امتلاك هذه الفئة لليورانيوم يعنى امتلاكها للأصول الذرية ، وهذا يعطيها قوة إضافية تمنحها ميزات خاصة فى المجتمع الدولى .

لذلك عندما نقول الأصول الوراثية ، فإننا نعنى الجينات أو العوامل الوراثية الموجودة فى المخزون الحياتى الذى خص الله به كوكب الأرض ، وهذا التوزيع شاءه الخالق وفقا لإرادته ، فقد تكون دولة ذات موارد حياتية تمثل كنوزاً حقيقية بالنسبة لها ، لكنها لاتستطيع أن تستثمر هذه الموارد ، ومن ثمَّ تكون ذات اقتصاد ضعيف . تتفاوت الثروة الحياتية فى أهميتها ، فبعض النباتات تنتج ثماراً نتغذى عليها ، وبعضها الآخر ينتج أليافاً نستخدمها فى صناعة ملابسنا، وبعضها ينتج موادا دوائية مهمة للغاية.

ما الذى يوجه هذه النباتات إلى إنتاج مواد بعينها ؟

أحمد : لابد أنها الجينات .

المهندس : تماماً كما قلت يا أحمد ، فالجينات هى التى تشفر لتكوين هذه المواد ، لكن هذه النباتات قد لاتوجد إلاَّ فى بعض الدول النامية ، ومن ثمَّ فرغم كونها دولة فقيرة إلاَّ أنها تمثل دولة ذات وفرة وأهمية فى أصولها الوراثية .

شيماء : وما الذى يمثل خطورة على تلك الأصول ؟

المهندس : للأهمية الكبيرة لهذه الأصول الوراثية ، بدأت الدول المتقدمة تهتم بها ، وترسل العديد من البعثات لدراسة هذه الأصول ، وخرطئة الجينات وعزلها وحفظها بعد ذلك فى بنوك تعرف ببنوك الجينات ، ويتم فى هذه الحالة تسجيل هذا الأصل الوراثى باسم الدولة التى كشفته وعزلته وحفظته ، ومن ثمَّ فهى وحدها لها الحق فى توظيف هذا الأصل الوراثى كيفما تشاء ، ولا يحق للدولة الموجود بها هذا الأصل الوراثى توظيف هذا الأصل الوراثى، وذلك فى ظل حقوق الملكية الفكرية .

أحمد : يبدو أنَّ الأمر سيزداد تعقيداً بالنسبة للدول النامية إن لم تتدارك الأمر، وتضع خططًا عاجلة لاستغلال أصولها الوراثية ، وإلا فسوف تتعرض للضياع وتعبث به

ديناصورات الهندسة الوراثية ، أعنى الدول المتقدمة .

شيماء : وماذا ترى يا سيدى لتدارك هذا الموقف من ناحية الدول النامية ؟

المهندس : لابد من وضع استراتيجية واضحة دقيقة لهذه الدول ، والتى يمكن أن نسميها باستراتيجية الدول النامية للهندسة الوراثية ، والتى تتلخص فيما يلى :

١- الاهتمام بتوعية المواطنين بعلوم وتقنيات الهندسة الوراثية وإيضاح إيجابياتها وسلبياتها وأهميتها وخطورتها .

٢- الاهتمام بتدريس علوم وتقنيات الهندسة الوراثية فى المراحل التعليمية المختلفة .

٣- الاهتمام بزيادة عدد مراكز الأبحاث المتخصصة فى تقنيات الهندسة الوراثية .

٤- ضرورة زيادة البعثات للدول النامية للدول المتقدمة للتدريب على أحدث تقنيات هندسة الجينات .

٥- ضرورة وضع برامج وخطط تدريبية لكل العاملين فى مجال العلوم البيولوجية للتدريب على استخدام التقنيات الوراثية فى مجالاتهم .

٦- ضرورة وجود مجلس أعلى لبحوث الهندسة الوراثية فى كل دولة من هذه الدول.

٧- إنشاء بنوك جينات تخص هذه الدول لحفظ أصولها الوراثية .

٨- ربط بحوث الهندسة الوراثية بأرض الواقع لتحقيق التكامل بين ما ينتجه المعمل من مواد حيوية وما يحتاجه السوق.

أحمد : ومصر أين هى على خريطة أبحاث الهندسة الوراثية ؟

المهندس : لقد أدركت مصر أن الجينات هى تقنية القرن القادم ، ومن ثمَّ فقد وضعت استراتيجية واضحة لتحقيق المستوى التقنى المطلوب فى أبحاث الهندسة الوراثية ، وقد ساعد مصر على تحقيق هذه الاستراتيجية ما يلى :

١- امتلاك مصر للعقول المتفتحة الطموحة .

٢- وجود شريحة كبيرة من الشباب ممن يمتلكون القدرة على التطوير وتحقيق نتائج جيدة مستقبلا .

٣- وجود أصول وراثية ذات أهمية بالغة فى مصر .

٤- وضع مصر العلمى والتقنى القوى على مستوى العالم.

٥- امتلاك مصر لعلماء حملوا اسمها على المستوى الدولى ولهم إنجازاتهم المعروفة .

٦- وجود الإرادة والإصرار لبلوغ الأهداف الموضوعة.

شيماء : وما محاور الاستراتيجية المصرية لبحوث الهندسة الوراثية ؟

المهندس : تشتمل الاستراتيجية المصرية على العديد من المحاور ، والتى من أهمها :

١- الاهتمام الشديد بتبسيط علوم وتقنيات الهندسة الوراثية للجمهور ، لكى يتعايش مع القضية العلمية المثارة ، وذات الانعكاس الخطير مستقبلا ، ونلحظ ذلك من خلال العديد من المؤلفات التى اهتمت مؤخراً بإيضاح جميع إيجابيات وسلبيات هذه التقنية ، وانعكاساتها على حياتنا .

٢- ضرورة الاهتمام بالتواجد العلمى والتقنى المصرى فى حقل الهندسة الوراثية على المستوى الدولى ، ويتضح هذا الاهتمام من خلال حرص اللجنة العليا المنظمة لمهرجان القراءة للجميع على وجود كتاب أو أكثر من العناوين المختارة ضمن المهرجان ليقدم ويبسط أحدث ما يكون فى مجال الهندسة الوراثية حيث سيساعد زيادة كمية المطبوع من الكتاب والذى يبلغ خمسين ألف نسخة من الكتاب : وأحيانا مئة ألف فى حالة إعادة طبعه ، على زيادة الثقافة الوراثية لدى المواطن .

٣- الاهتمام بتدريس تقنيات الهندسة الوراثية فى المراحل التعليمية المختلفة والتى تبدأ بجرعة صغيرة جدا فى المرحلة الإعدادية تزداد رويدا فى المرحلة الثانوية ، ثم تتعمق أكثر فى المرحلة الجامعية ، وتصل لدرجة التخصص فى دراسات ما بعد البكالوريوس ، كما توجد أقسام متخصصة لدراسة الهندسة الوراثية فى بعض كليات الجامعة .

٤- الاهتمام الشديد بإرسال البعثات للخارج للتدريب على مختلف تقنيات الهندسة الوراثية ، والذى زاد بمعدّل كبير فى الآونة الأخيرة .

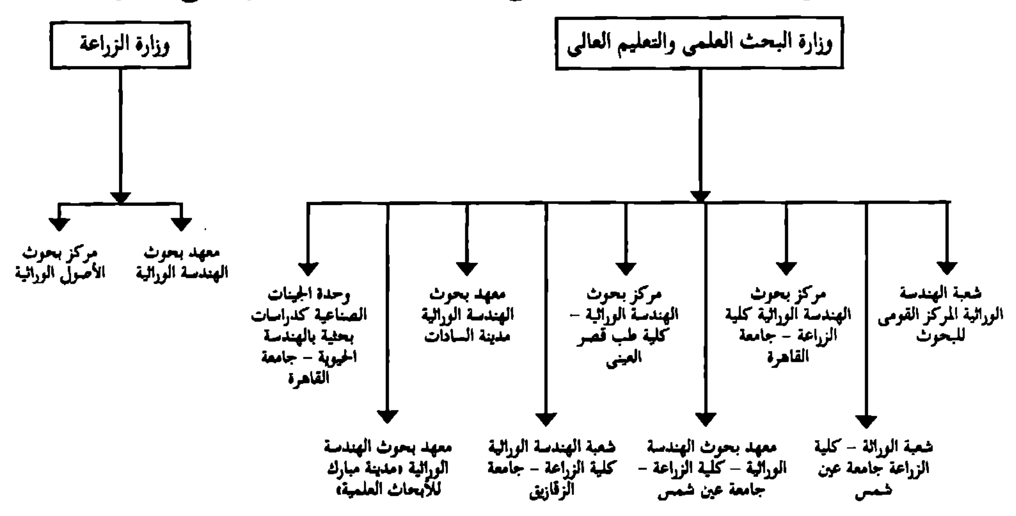
٥ـ زيادة الدعم الخاص بأبحاث الهندسة الوراثية .

٦ـ زيادة الدعم الخاص بالبرامج التدريبية فى مراكز الأبحاث المهتمة بعلوم البيولوجيا .

٧ـ إنشاء العديد من المراكز البحثية المهتمة بالبحث فى حقل الهندسة الوراثية .

أحمد : نود أن نعرف هذه المراكز يا سيدى ؟

المهندس : تلك هى خريطة المراكز البحثية فى الهندسة الوراثية الموجودة فى مصر .



ثم يتابع المهندس حديثه قائلا :

كما توجد العديد من اللجان المتخصصة ، والتى تقيم الأبحاث التى تجرى فى المراكز البحثية العاملة فى حقل الهندسة الوراثية ، وتقترح الخطط والاستراتيجيات القادمة .

ثم ينهض الجميع ، ويقول **أحمد** :

الآن أيقنت أننا على أعتاب قرن جديد ، لابد أن ندخله بلغة جديدة ، ولا مفر من امتلاكها ، إنها لغة الچينات ، والتى ستحكم حياتنا تماماً فى القرن القادم .

المهندس : كل ماقلته صواب يا أحمد ، فالتنافس سيكون شديداً ، والصراع على امتلاك لغة الچينات مريراً ، والمسئولية الملقاه على عاتقكم أنتم أيها الشباب كبيرة .... لابد من إثبات أنكم فى قرن ديناصورات الهندسة الوراثية .

شيماء : وكيف ذلك ياسيدى ؟

المهندس : بامتلاك العلم والتقنية ، فهما الطريق الوحيد الذى سنستطيع أن نثبت به ذاتياً .

بعد هذا الحديث الممتع ، وتلك الرحلة الجميلة يستأذن كل من أحمد وشيماء شاكرين المهندس على تلك المعلومات المفيدة المهمة جداً ، والتى سمعاها منه ، عاقدين العزم على تحمل المسئولية وبذل الجهد لكى يكون لهما مكان فى عصر الچينات .

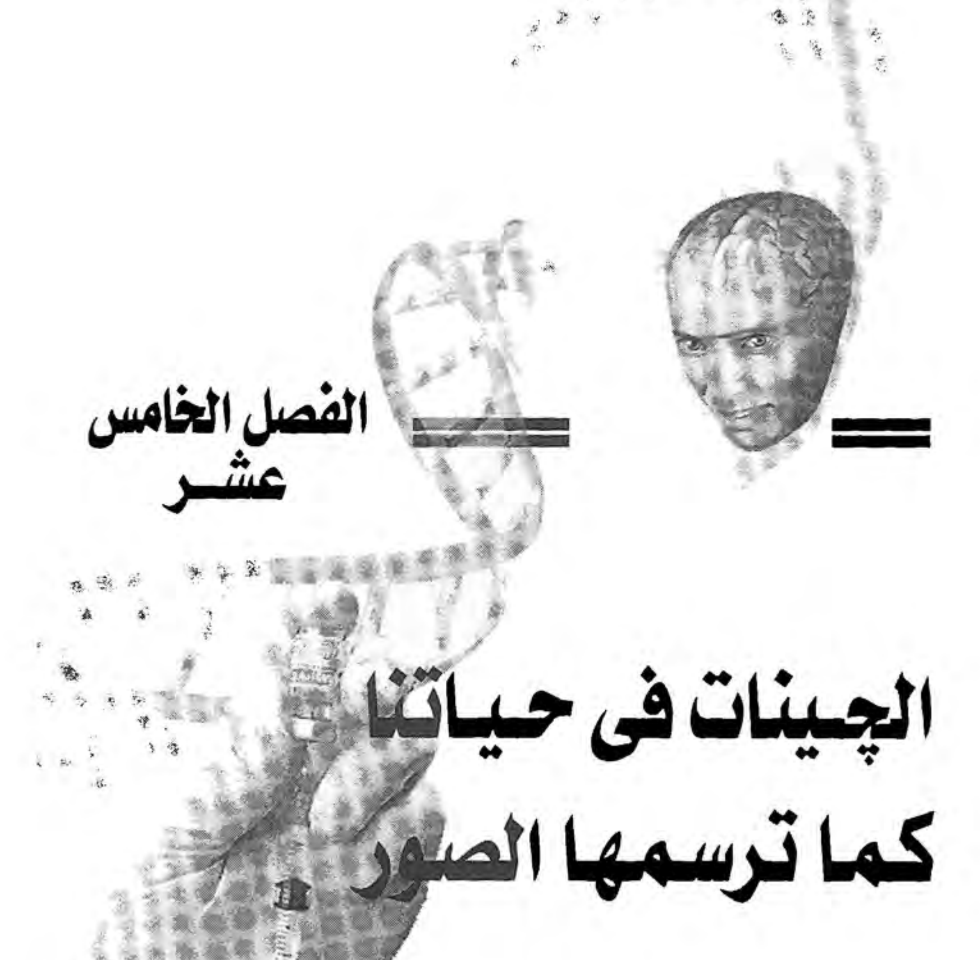
المهندس : والآن آن لنا أن نرى معظم ما حدثتكما عنه من تطبيقات الهندسة الوراثية معاً من خلال تلك اللوحات التى يحتويها هذا المتحف العلمى الذى ترونه على مقربة منا ، فهيا بنا نذهب إليه .

ويسير الثلاثة نحو المتحف ، وأحمد وشيماء فى شوق إلى رؤيته.

* * * * *

الفصل الخامس عشـــر

الچينات فى حياتنا كما ترسمها الصور



المهندس وقد دخل الثلاثة داخل المتحف :

هذا هو المتحف العلمى ، فيه سنتجول فى ذلك الجناح الكبير الخاص بتطبيقات الهندسة الوراثية ، لتريا ما حدثتكما عنه ، وأسمع منكما فى النهاية رأيكما فيما تضمنه هذا المتحف من صور توضح تلك التطبيقات .

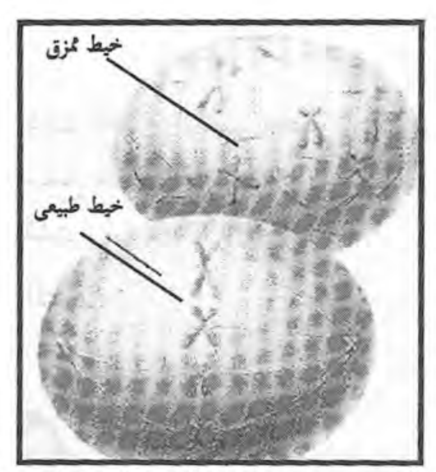
ويبدأ **المهندس** ومعه **أحمد** و **شيماء** جولتهم فى المتحف :



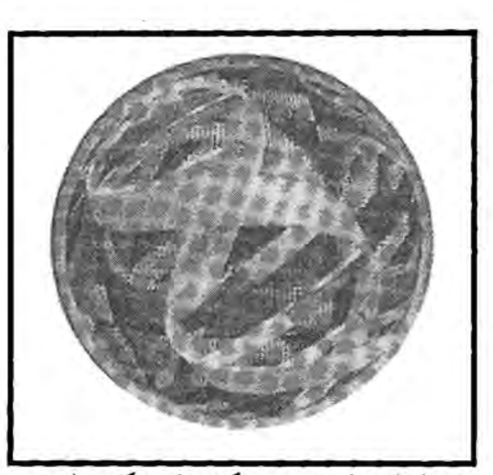
الدنا الوراثى كشريط مزدوج حلزونى ملتف حول نفسه ، ويظهر فى الشكل مدى التكامل البديع للقواعد الآوزتية مع بعضها

$$G \equiv C \qquad A = T$$

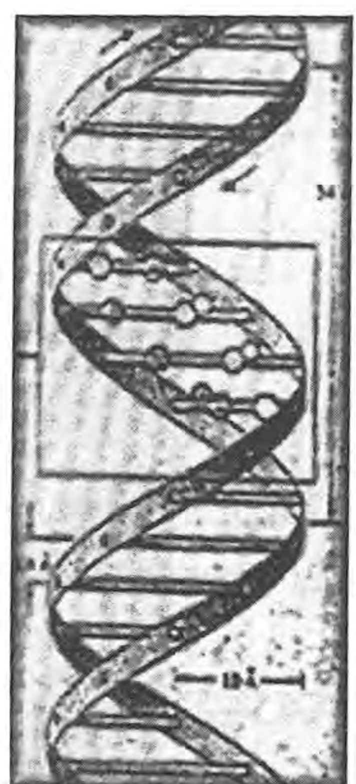
وتناغم هيكل السكر فوسفات على كل جانب من جانبى الشريط مع الجانب الآخر .



الكروموسومات داخل الخلية ، والتى تحمل الجينات الممثلة للمعلومات الوراثية الموجهة لجميع العمليات الحيوية الخاصة بالخلية الحية من انقسام ونمو ... إلخ .

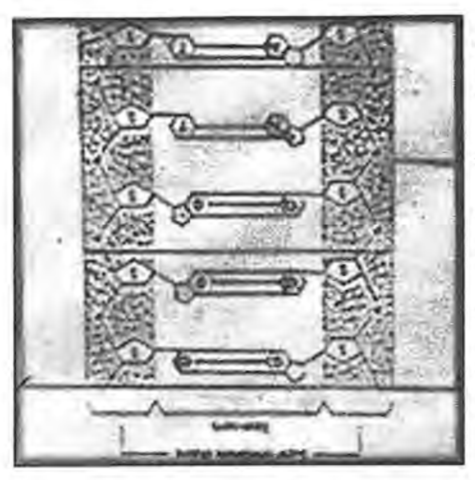

شريط الدنا الوراثى وهو مكثف فى شكل حلزونى مزدوج حاملاً من المعلومات (المعلومات الوراثية) ما ينوء جبل عن حمله ، وبما هو كفيل بالتحكم فى أى شىء يتعلق بالكائن الحى.





شريط الدنا الوراثى كما يتضح فى الشكل ، حيث يتكون من تتابعات نيوتيدية على طول شريط الدنا الوراثى المزدوج ، حيث يحدث التفاف على طول الشريط الدناوى (لفة كل عشر نيوتيدات) ، حيث تمثل التتابعات النيوتيدية جينات محددة على طول شريط الدنا الوراثى ، حيث لا يقل عدد التتابعات النيوتيدية المعبرة عن الجين عن ألف تتابع نيوتيدى .

يكون اتجاه أحد الشريطين مضاداً لاتجاه الشريط الآخر ، ويوضح ذلك الأسهم الموجودة على الشريط .



يوضح هذا الشكل الترابط الذى يتم على طول شـــريط الدنا الوراثى "D. N. A" ، حيث ترتبط مجموعة الفوسفات بالسكر الريبـــوزى «سكر خــمـــاسى» منقـــوص الأكسجين من خلال رابطة استر ، ويرتبط السكر الريبوزى بالقاعدة الآزوتية والتى قد تكون أدنين **(A)** أو جوانين **(G)** أو سيتوزين **(C)** أو ثايمين **(T)** من خــــلال رابطة تساهمية ، بينما تترابط القواعد الآزوتية مع بعضها من خلال روابط هيدروجينية ، وتتسم هذه الروابط بالتخصص ، حيث يرتبط الأدنين بالثايمين برابطة هيدروجينية ثنائية كما يلى **T⫶⫶⫶⫶⫶A** ، حيث يرمز **(A)** للأدنين، و **(T)** للثايمين و - - - للرابطة الهيدروجينية ، أما الرابطة بين **C⫶⫶⫶⫶⫶G** فهى رابطة هيدروجينية ثلاثية ، حيث **G** تعبر عن الجوانين ، **C** تعبر عن السيتوزين .

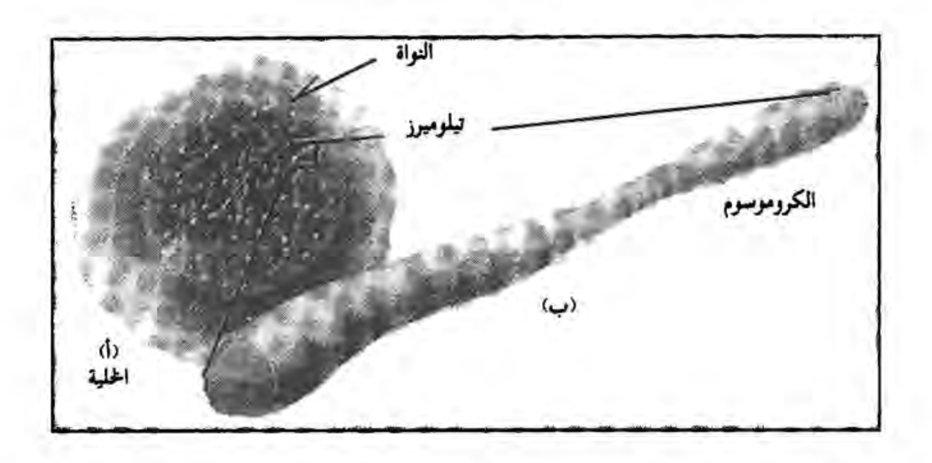
الرابطة الهيدروجينية ضعيفة ، لكن تجمع الروابط على طول شريط الدنا الوراثى **D. N. A** يعطى قوة لهذه الروابط ، مما يجعل كسرها صعبا ، وهنا يعطى حماية للدنا الوراثى .

★ ★ ★ ★ ★

يوضح الشكل التالى ما يلى :

(أ) الشكل العام للخلية موضحا بها النواة حيث تشير مساحة الدائرة الصغيرة الداخلية إلى السيتوبلازم وما ينتشر به من عضيات تمثل الميتوكوندريا (مركز إنتاج الطاقة فى الخلية) ، وأجهزة جولجى مركز التخزين الإفرازى ، وبعض الجسيمات الدهنية ، والشبكة الأندوبلازمية .

تمثل الحافة الدائرية الخارجية جدار الخلية ، والذى يحمى الخلية من عوامل الضغط والظروف غير المناسبة ، بينما الحافة الدائرية الداخلية تمثل الغشاء النووى (الغشاء الذى يحيط بالنواة) والذى يصل النواة بالمحيط الخارجى الممثل فى السيتوبلازم عبر الشبكة الأندوبلازمية ، والتى تتصل بالغشاء النووى فى أماكن محددة .

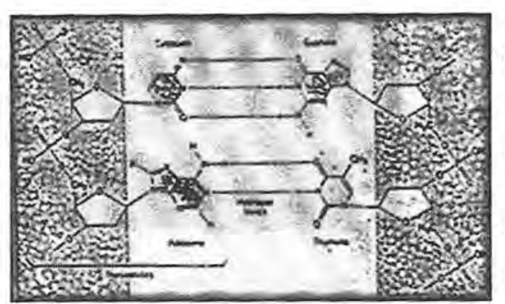


تمثل المساحة الدائرية الصغرى بالرسم «النواة» والتى ينتشر بها البروتينات النووية ، ويتضح فى هذا الجزء تماماً الكروموسومات (حوامل العوامل الوراثية (الجينات)) ، والممثلة بمنحنيات أنبوبية بيضاء ، وعدد الكروموسومات مميزة للجنس ، بمعنى أن الخلايا البشرية (خلايا جسم الإنسان) تبلغ ٤٦ كرموسومًا بينما فى حشرة الدروسوفيلا ١٤ كروموسوما ، وفى نبات الذرة ٧ أزواج من الكروموسومات ، وبأخذ مقطع بالكروموسوم ، وبفحصه يتضح ما يلى كما فى شكل (ب) .

يوضح هذا الشكل أن الكروموسوم يتكون من جسم الكروموسوم الممثل فى الشكل الأنبوبى الطويل ، وهو تركيب بروتينى ، أما الجزء نصف الكروى بآخره فيمثل طرفى الكروموسوم ويسمى بمنطقة التيلومير ، وهى منطقة حساسة فى تركيب الكروموسوم ، حيث تعمل هذه المنطقة على تحديد معدل الانقسام الخلوى للخلية فهى تمثل الساعة البيولوجية لآلية انقسام الخلية الحيَّة .

★ ★ ★ ★ ★

التركيب الكيميائى للدنا الوراثى الذى يتكون من سكر ريبوزى ومجموعة فوسفات وقواعد آزوتية ، يمكننا القول بأنه يتركب من وحدات بنائية دناوية تسمى بالنيوتيدة ، والنيوتيدة تتركب من سكر ريبوزى منقوص الأكسجين (أى الذى ينقص ذرة أكسجين عن المركب النظير له «مركب سكر الريبوزى مكتمل الأُكسجين والذى يدخل فى تركيب المادة الوراثية الريبوزية **R. N. A**») .

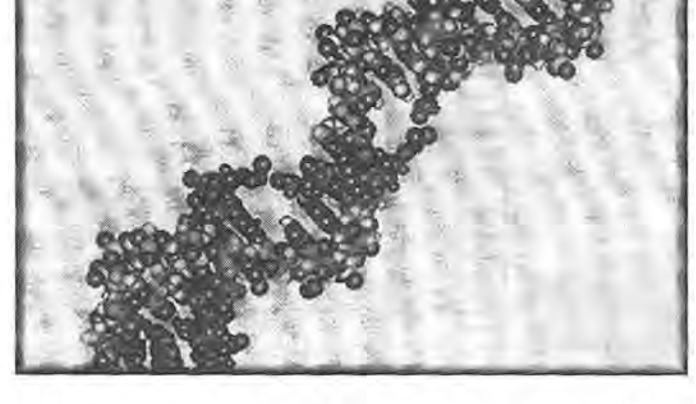


يرتبط السكر الريبوزى منقوص الأكسجين من طرف بمجموعة فوسفات (Pou) ، حيث توجد بها ذرة فوسفور مركزية ، وأربع ذرات أكسجين موزعة حولها ، ويرتبط من الطرف الآخر بالقاعدة الآزوتية والتى قد تكون (T , C, G , A) .

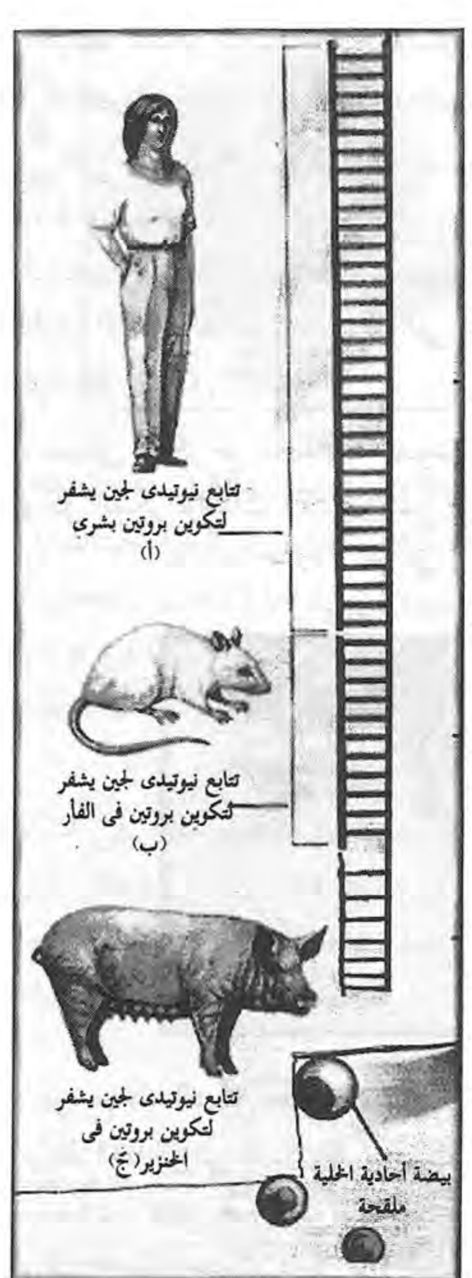
يسمى السكر مع مجموعة الفوسفات على طول الشريط الدناوى بهيكل السكر فوسفات ، بينما تسمى القواعد الآزوتية المترابطة بالنباء الآزوتى الدناوى.

* * * * *





يوضح هذا الشكل مدى التعقد فى عمليات الالتفاف والحلزنة الدناوية على طول شريط الدنا الوراثى D. N. A ، حيث يلتف الدنا الوراثى حول نفسه كل عشر نيوتيدات ، وتبلغ عمليات الالتفاف ما يقرب من مائة ألف لفة ، وهذا يتيح للدنا الوراثى أن يتم احتواؤه داخل نواة الخلية ، وأن يأخذ الشكل الحلزونى الملتف ، كما يحدث الترابط الهيدروجينى على طول شريط الدنا الوراثى كما يلى T = = = = A ، C ≡ ≡ ≡ ≡ G ، لذا يسمى شريط الدنا الوراثى بالشريط الملتف الحلزونى المزدوج .



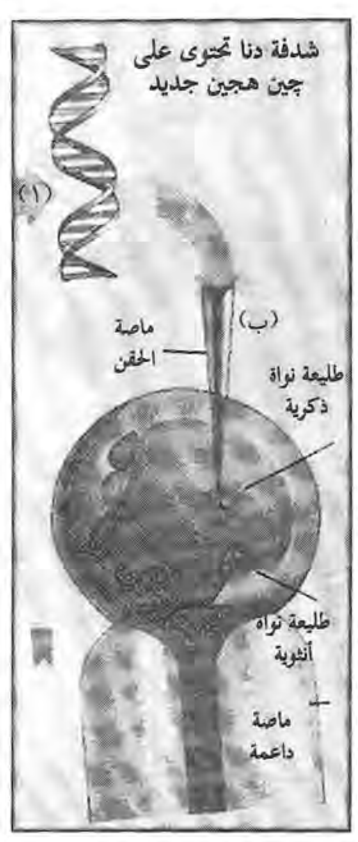
يوضح الشكل المقابل عمليات المضاهاة الجينية ، حيث نلاحظ أن الجين (أ) له تتابع نيوتيدى محدد ، والجين (ب) له تتابع نيوتيدى محدد ، وكذلك الجين (ج).

يمكن من خلال الدراسات الجينية مقارنة التتابعات النيوتيدية لكل من الجينات الثلاثة، حيث نرصد من خلال ذلك التتابع الناقص فى جين ما عن الجينات الأخرى .

يمكن من خلال تخليق هذا التتابع كيميائيا إيلاجه داخل التتابع النيوتيدى للجين المراد تحويره ، بحيث يتوافق هذا التتابع مع غيره من التتابعات .

بهذه الطريقة يمكن تحوير بعض جينات الفئران أو الخنازير لإنتاج البروتينات البشرية والتى قد تكون علاجية أو غير علاجية ، كما يمكن دراسة التتابع النيوتيدى الممرض (المسبب لكون الجين جيناً مرضيا) من خلال حذف هذا التتابع من جين ما ، ثم إدخاله مرة أخرى ، ودراسة الأداء الوظيفى للجين قبل وبعد عملية الإيلاج النيوتيدى (إيلاج نيوتيدة داخل جين) .

* * * * *



يوضح الشكل المقابل عملية التطعيم الجينى، حيث نحصل على جين يشفر لتكوين مادة مهمة داخل الجسم ، والتى قد تكون : إنزيما أو بروتينا أو هرمونا.

أو يشفر لتوجيه عمليات حيوية مهمة داخل الجسم كضبط المعدل الإفرازى للإنزيمات والهرمونات ، أو ضبط عمليات انقسام الخلية ، أو ضبط عمليات التمثيل الغذائى .

يتمثل هذا الجين فى تتابع نيوتيدى محدد ويسمى ذلك بشدفة الدنا الوراثى ، وهى التى يشير إليها السهم رقم (١).

يوضح الشكل (ب) استخدام وسائل الحقن الخاصة بعمليات إيلاج (إدخال) الجين المختار داخل خلية النواة الذكرية ، ومن ثمَّ تكون النواة الذكرية فى هذه الحالة قد أصبحت طليقة نواة ذكرية محورة وراثيا أى أن الجينوم (المحتوى الكلى من الجينات) الخاص بها قد حدث به بعض من التغير نتيجة إدخال جين أو أكثر داخل هذا الجينوم ، ومن ثمَّ فإن حدوث التقاء بين النواة الذكرية والنواة الأنثوية ، يعنى التقاء نواة محورة وراثيا مع نواة عادية ، مما ينتج خلية جنينية محورة وراثيا يختلف نموها وتكوينها الجينى عن النمو والتكوين الجينى عن الخلية العادية ، ولا أقصد بالاختلاف فى هذه الحالة الاختلاف فى إحداث التكوين الجينى ، بل فى صفات التكوين الجنينى الناتج بعد ذلك .

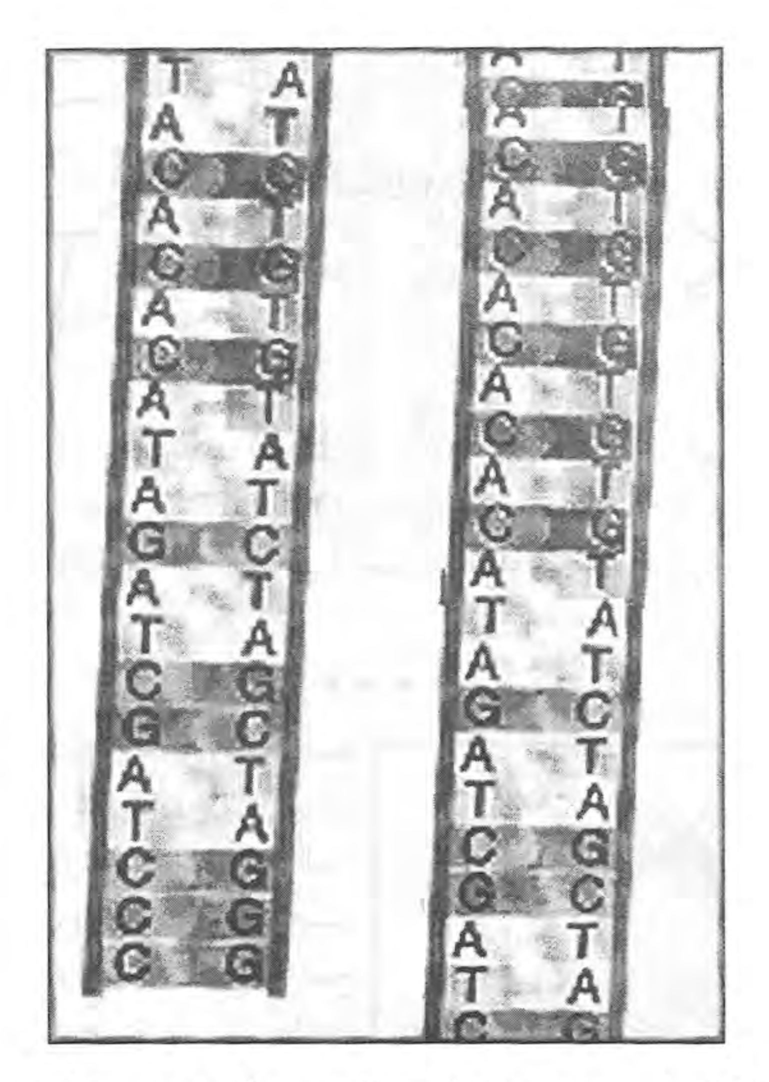


لقد أصبح عالم الجينات الدقيقة ، هو ذلك العالم الذى سيحدد مصير الإنسان فى القرن القادم ، فمن خلال الجزيئات سيمكننا أن نضع ما نريد من المواد الحيوية ، كما سيمكننا توجيه نظم الحياة حسبما نريد ، أو فلنقل حياة حسب الطلب ، ونقصد بذلك عمليات الحياة (العمليات الحيوية) وليست الحياة لذاتها ، فهى ملك فريد للخالق –عز وجل– لا يشاركه فى ذلك أحد.

لكن كيف يتم ذلك ؟

من خلال أدق هذا الجزيئات ، وأهمها ، جزئ الدنا الوراثى ، والذى يمثل الحامل المعلوماتى داخل خلايانا .



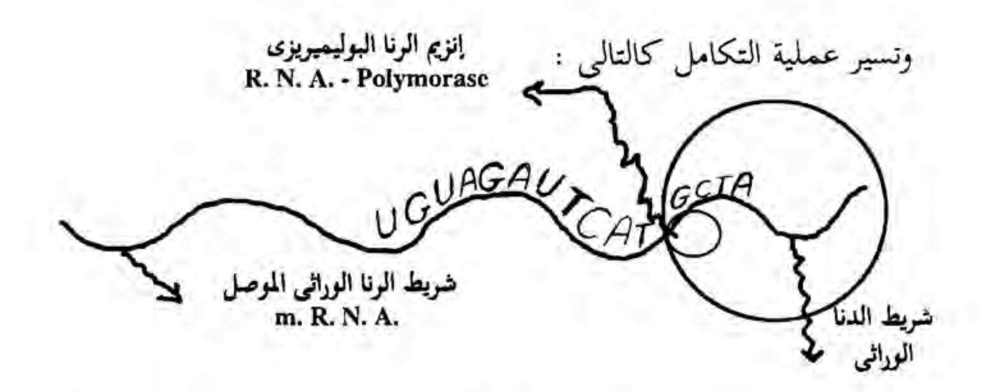


يوضح الشكل المقابل التسلسل الآزوتى للقواعد الآزوتية على طول شريط الدنا الوراثى **D . N . A** ، ويمثل هذا التسلسل أهمية كبيرة ، حيث يتم نسخه **Scription** على شريط الدنا المُوَصِّل **R. N. A - mesenger** [أحد أنواع الدنا الوراثى] فى صورة تسلسل آزوتى متكامل مع التسلسل الآزوتى على طول شريط الدنا الوراثى مع مراعاة استبدال القاعدة الآزوتية الثايمين باليوراسيل كالآتى :

T يستبدل بـ **U**

Thymine ثايمين ← → **Uracil**

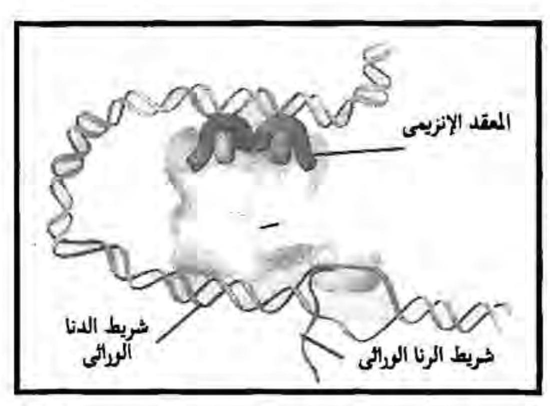
وتسير عملية التكامل كالتالى :



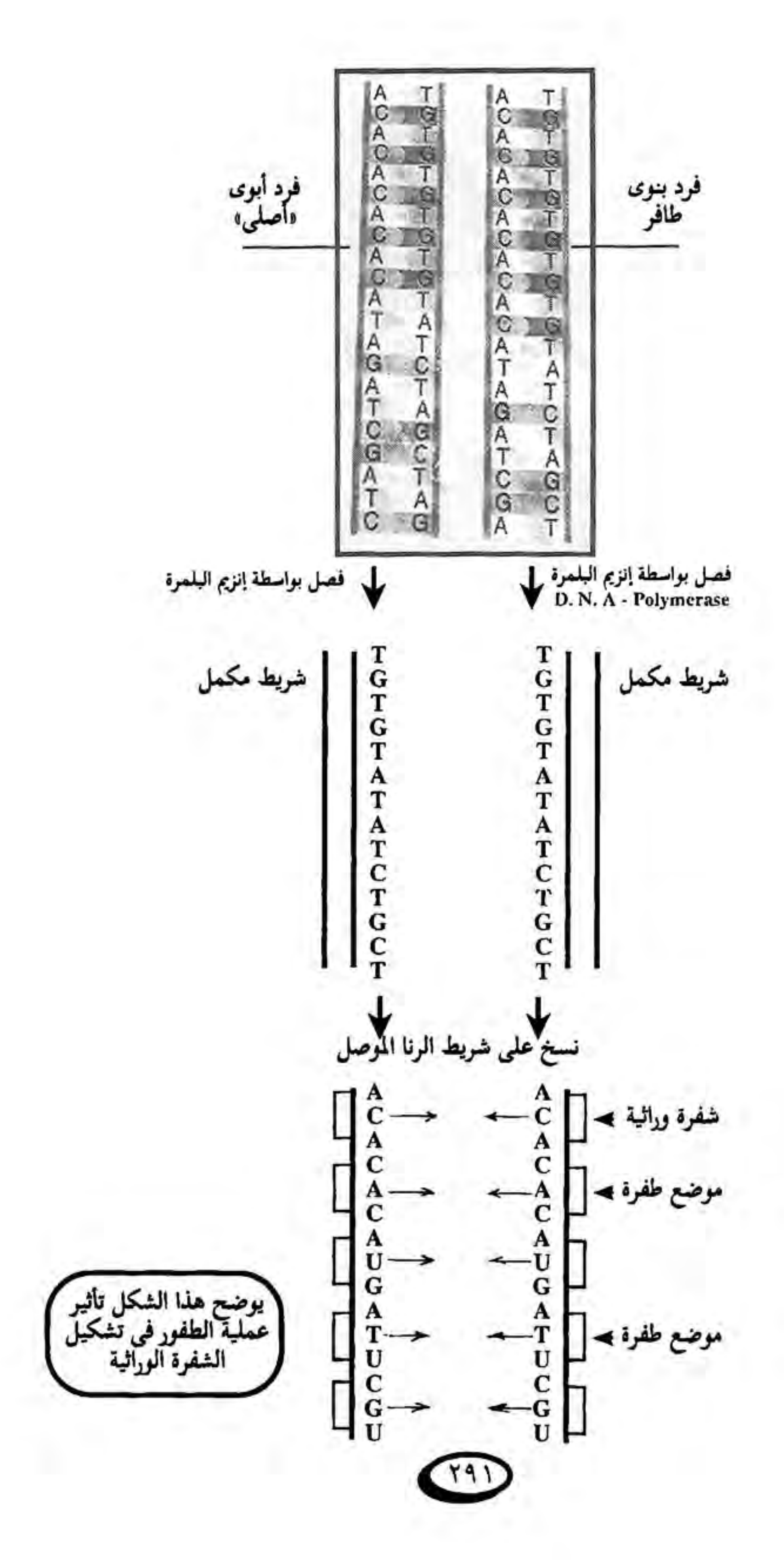
تعرف كل ترتيبة ثلاثية على شريط الدنا الوراثى بالشفرة الوراثية ، ويتكون هذا المصطلح من كلمتين شفرة **Codon** وتعنى تركيب معين مسئول عن تكوين مواد محددة ، ووراثية **genetical** وتعنى أن مسئولية هذا التشفير متوارثة ، وتنتقل عبر الأجيال .

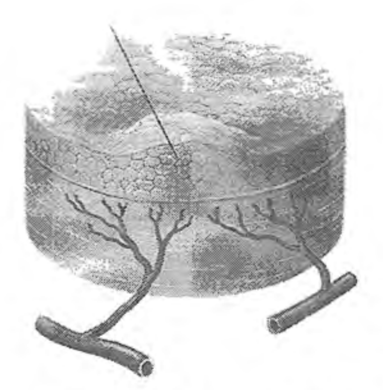
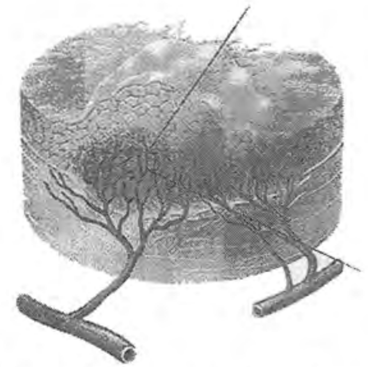


يوضح الشكل المقابل عملية نسخ الدنا الوراثى على شريط الرنا الوراثى من خلال ارتباط إنزيم الدنا البوليمريزى بالدنا الوراثى ، مما يعتبر مؤشراً لبدء عملية النسخ أى نسخ الشفرات الموجودة على شريط الدنا الوراثى فى صورة شفرات مكتملة على شريط الرنا الوراثى.

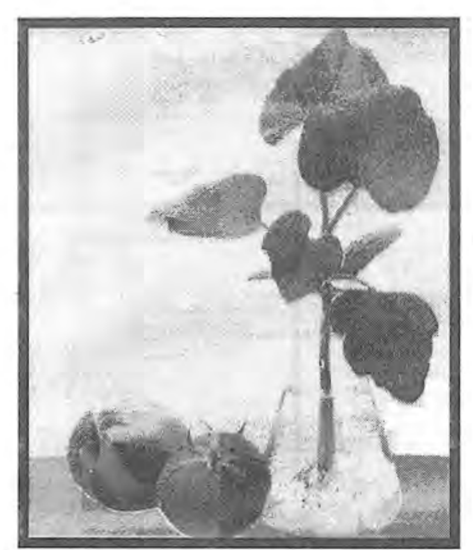


ويتضح شريط الدنا الوراثى فى شكل شريط أزرق اللون مزدوج تشوبه فى بعض أجزائه بعض الحمرة أو قليلا من اللون الأصفر ، بينما يظهر شريط الرنا الوراثى فى شكل شريط مفرد أحمر ، والمعقد الإنزيمى المسئول عن عملية النسخ **D. N . A . Polymerase** فى شكل لون بنى غامق ، كما يلاحظ وجود الدنا الوراثى داخل النواة، كما يلاحظ أن الرنا الوراثى المفرد يتجه إلى الخارج حيث سيتوبلازم الخلية .


فرد أبوى «أصلى»
فرد بنوى طافر
فصل بواسطة إنزيم البلمرة
فصل بواسطة إنزيم البلمرة
D. N. A - Polymerase
شريط مكمل
TGTGTATATCTGCT
شريط مكمل
TGTGTATATCTGCT
نسخ على شريط الرنا الموصل
ACACACAUGATUCGU
ACACACAUGATUCGU
شفرة وراثية
موضع طفرة
موضع طفرة
يوضح هذا الشكل تأثير عملية الطفور فى تشكيل الشفرة الوراثية

تتكون الأوعية الدموية تحت توجيه كامل من المعلومات الوراثية المحمولة على الجينات الممثلة للعوامل الوراثية .



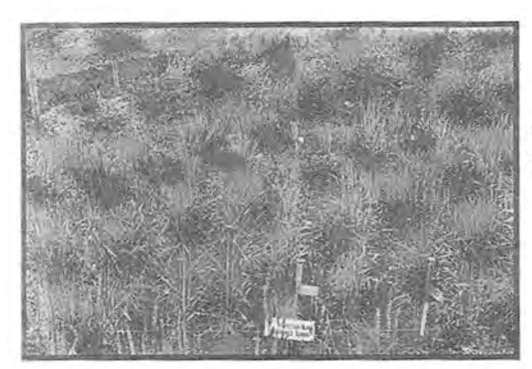
إحدى النباتات المهندسة وراثياً ، والتى يتم إجراء بعض اختبارات التغذية عليها .



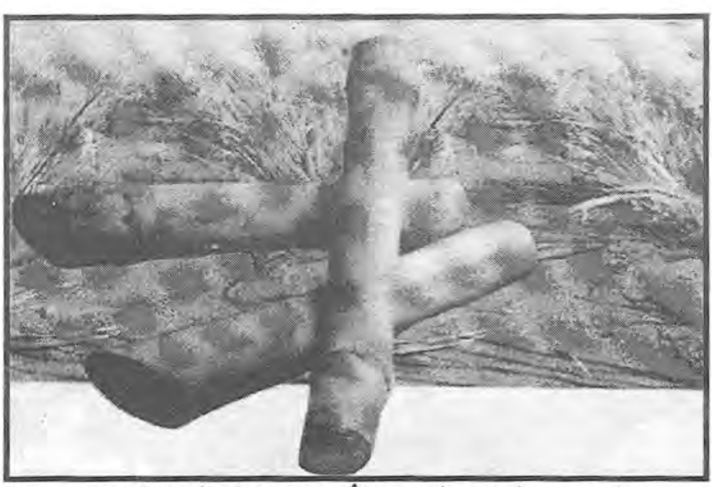
تمثل هندسة الجينات التقنية المهمة فى كشف أسرار العديد من النباتات ، والمواد التى تكونها



يمكن من خلال هندسة الجينات إنتاج نباتات مقاومة للظروفة البيئية السيئة كظروف الجفاف الشديد



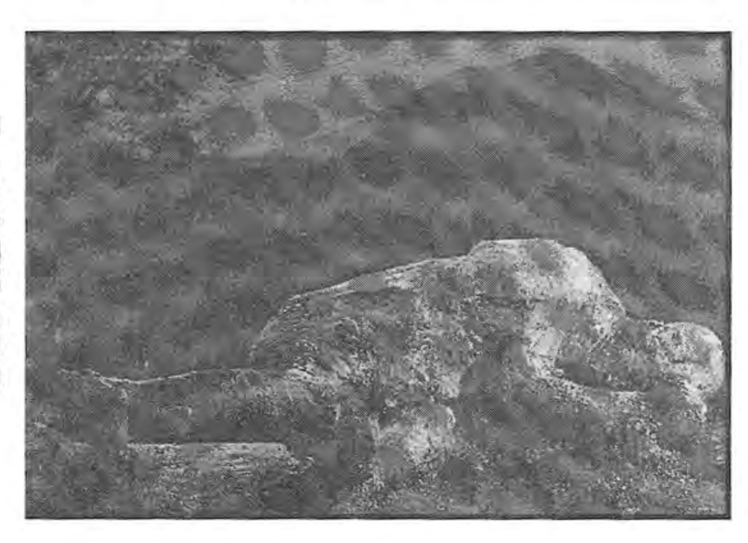
هل ستمثل نباتات القمح المهندسة وراثيا وسيلة مهمة لتوفير احتياجات العالم من القمح المستخدم فى إنتاج الخبز ، والعديد من الصناعات الأخرى ، وذلك من خلال زيادة الإنتاج كماً وكيفاً من خلال عمليات التحوير الوراثى ، أم أنه سيمثل دماراً شاملاً من خلال تحميل جينوم القمح بجينات مرضية .

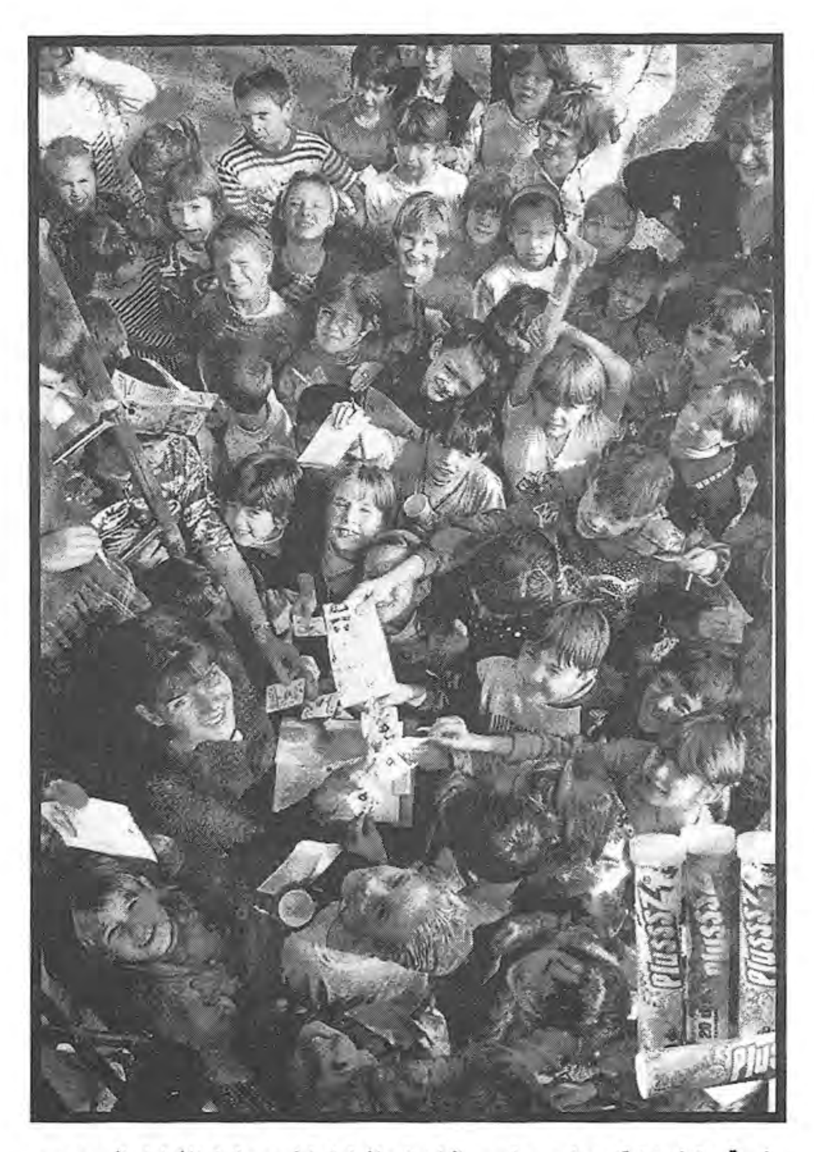


العديد من النباتات التى تمثل أصولا وراثية فى الدول النامية ، تتعرض للقطع الجائر دون مراعاة لقيمتها

الدنا القديم .. لم يعد لغزا محيراً فى عصر الهندسة الوراثيـة ، حيـث يطمح العلماء من خلال أبحاث الدنا القـديم فى كـشف أسرار الحضارات القديمة، ومعـرفة السر وراء اندثار الديناصورات ، والزواحف العـمـلاقـة ، والنبـاتات المندثرة .







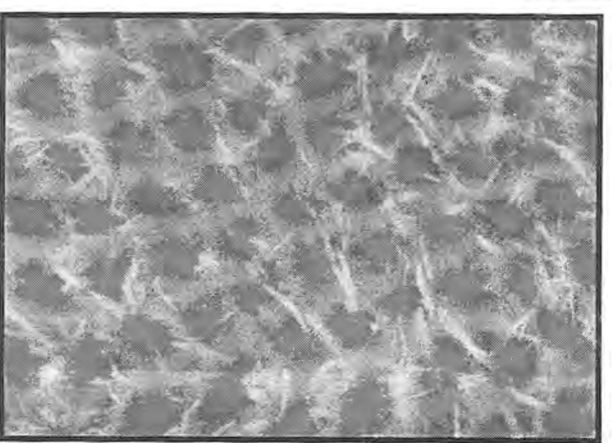
فى تجربة فريدة قام بها د . ماسترز الباحث بالمعامل الجينوجنائية (المعامل التى تهتم بدراسة استخدام التقينات الجينية فى أبحاث علم الجريمة) ـ حيث قام بدراسة دور الجينات ، وما تحمله من معلومات وراثية فى تفسير سلوك العديد من الأطفال عند وجود مؤثر واحد يؤثر عليهم



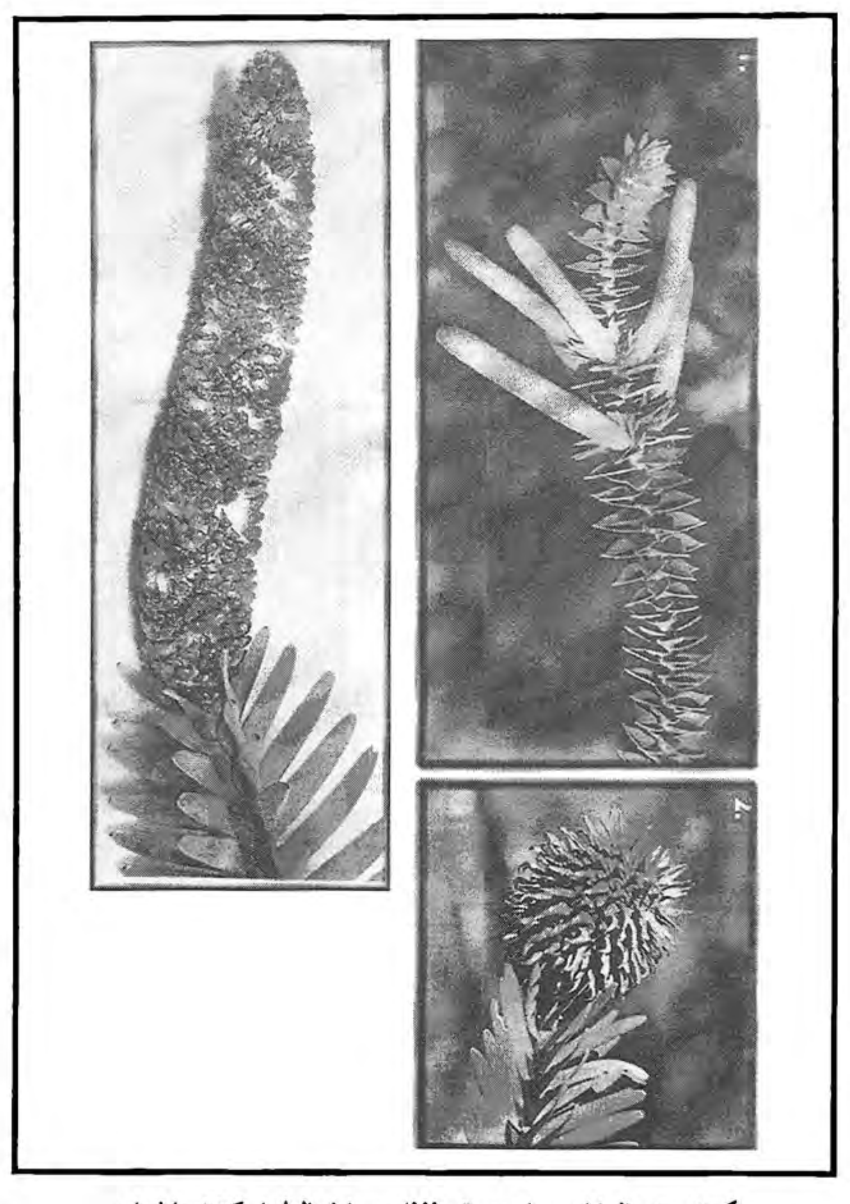
يمكن من خلال تقنية «هندسة الجينات» الوصول فى مجال الإنتاج الحيوانى إلى وضع التخصص ، حيث يمكن إنتاج بعض الحيوانات المتخصصة فى إنتاج اللحوم ، والبعض الآخر متخصصا فى إنتاج اللبن ، والبعض الآخر فى إنتاج الفراء .

لم تعد أمراض النباتات تشكل أمراً محيراً فى ظل التقدم المذهل لتقنيات الهندسة الوراثية.

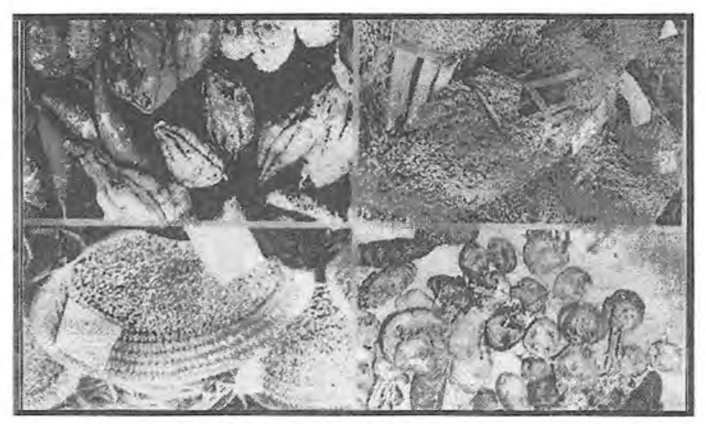




يحاول بعض العلماء خرطنة جينات الطحالب ، وعزلها ، لاستخدامها فى العديد من التطبيقات .



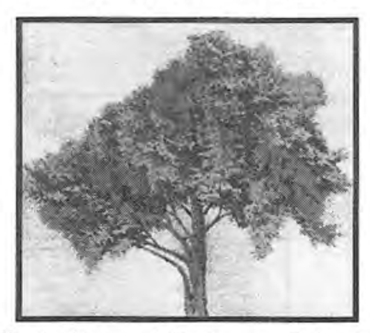
تكون بعض النباتات مواد مهمة ، لذلك يحاول العلماء كشف الجينات المتحكمة فى التشفير لتكوين هذه المواد ، وعزلها ، وحفظها فى بنوك الجينات، لاستخدامها بعد ذلك .



العديد من ثمار النباتات الممثلة للأصول الوراثية المهمة، والتى يمكن خرطنة جيناتها ، وحفظها فى بنوك الجينات



يحاول بعض العلماء خرطنة جينات الدم ، للوصول إلى تصنيع الدم الصناعي المهندس وراثيا ، والذى يرى بعض العلماء أنه يمكن أن يطرح فى الأسواق فى القرن القادم.



يفرز نبات الطقسوس مادة التاكسويد المضادة للسرطان لكن ما يهم العلماء الآن هو كشف وعزل الجينات للشفرة لتكوين هذه المادة ، ودراسة إمكانية الاستفادة من ذلك .



دراسة الجينات المتحكمة فى عملية النمو تحت ظروف نمو مختلفة تمثل موضع اهتمام الباحثين فى عمليات النمو



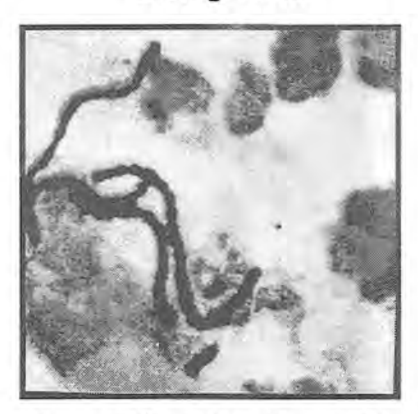
يمثل الطاقم الوراثى للحيوانات المنوية والممثل لحامل نصف المعلومات الوراثية فى التكوين الجنينى ، موضع اهتمام العديد من الباحثين بهندسة الجينات والمهتمين بحثيا بتحليل الأطقم الوراثية.



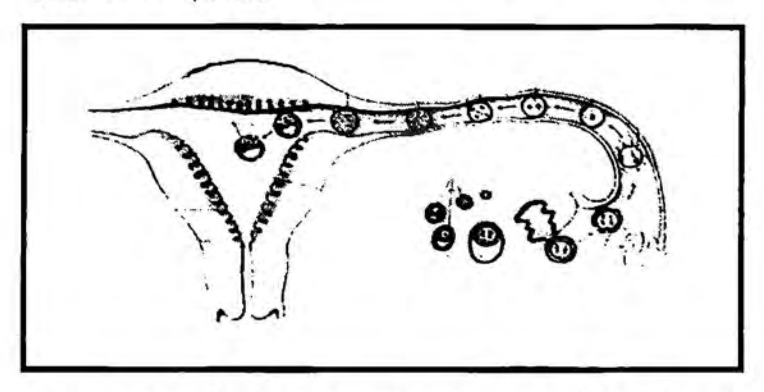
التركيب الغدى وطريقة إخراج الأنزيمات والهرمونات منها يتم من خلال التعبير الجينى للعديد من الجينات



رغم أن ديلموت قد نجح فى استنساخ النعجة دوللى ، إلا أن العالم كله ينتظر الإجابة عن سؤال مهم : ماذا بعد دوللى ؟



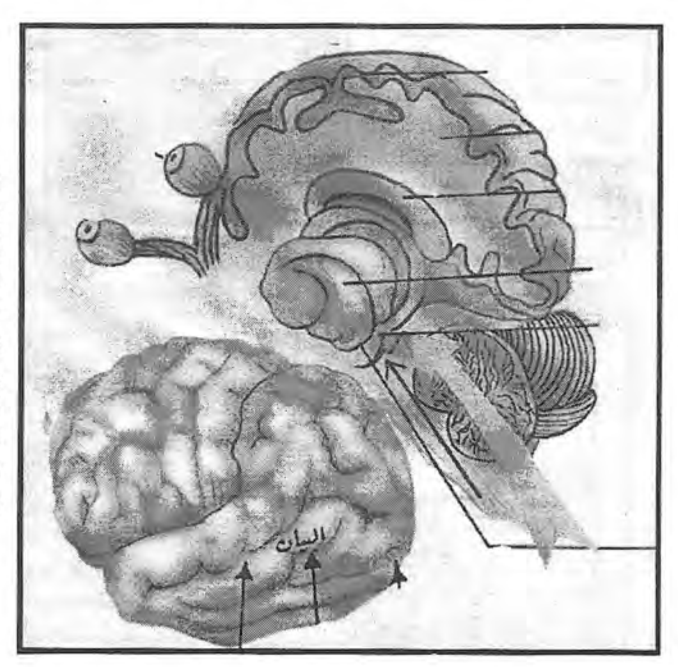
الإفراز الغدى للإنزيمات تتحكم فيه جينات محددة فى الطاقم الوراثى للكائن الحى .



يدرس العلماء الآن إنتاج أرحام صناعية لاستخدامها فى عمليات الكلونة (الاستنساخ الحيوى).



لقد ساعدت أجهزة الفحص الدقيق وبخاصة الميكروسكوب الإلكترونى على كشف سر النواة ، كما ساعدت أجهزة الحاسوب «الكمبيوتر» على تحليل المعلومات الوراثية، وتخزينها ، واستدعائها وقت الحاجة ، والاستفادة منها ، وطرحها على جميع العاملين فى مجال أبحاث الجينات على المستوى الدولى من خلال شبكة الإنترنت ، لنصل فى النهاية إلى تعبير «الجينات لمن يريد أن يعرف» وذلك بهدف تحقيق مبدأ المعرفة الجينية الذى يعنى ببساطة معرفة ذات الكائن الحى من خلال



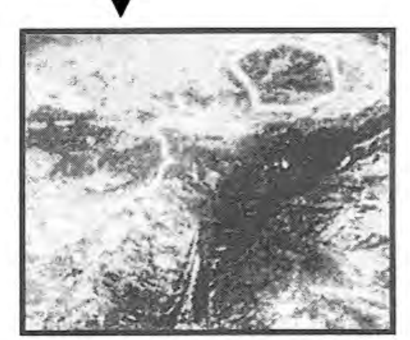
لقد ظل المخ لفترات طويلة يمثل لغزاً محيرا فى تركيبه وأدائه الفسيولوجى ، ونقل الرسائل العصبية من وإلى المخ ، ولكن فى ظل عصر الجينات أصبحنا نمتلك من المعلومات الوراثية ما يكفى لكشف العديد من أسرار المخ ، وكيفية حدوث العمليات الحيوية داخله ، وعمليات التوجيه الشفرى للجينات لكل عمليات النقل العصبى من وإلى المخ.



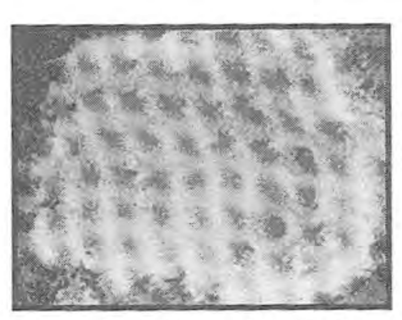


لقد أصبحنا موقنين الآن من وجود جينات تحكم عمليات الانتشار السرطانى عبر أنسجة الجسم المختلفة تلك العبارة قالها : د. م. د . كلفن الباحث الأمريكي والمتخصص فى أبحاث السرطان فى بداية الثمانينيات ، لكن العلماء تمكنوا الآن من كشف وخرطته وعزل الجينات المتحكمة فى عمليات انتشار السرطان من نسيج لآخر.

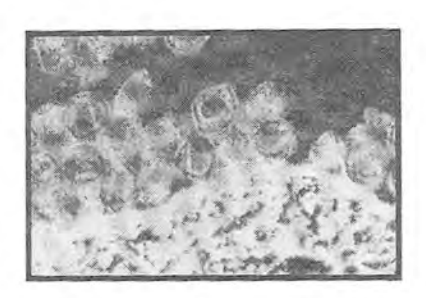
يدرس العلماء إمكانية هندسة بعض البكتريا وراثيا من خلال تحوير فى الجينات المكونة لطاقهما الوراثى بتطعيم جينات محددة تشفر لتكوين مواد كيمائية لاحمة لطبقة الأوزون ، مما سيحمى البيئة من الآثار المدمرة التى تسببها الأشعة فوق البنفسجية ، والتى تسبب سرطان الجلد للكائنات الحية ، كما أنها تتسبب فى رفع درجة حرارة الأرض .



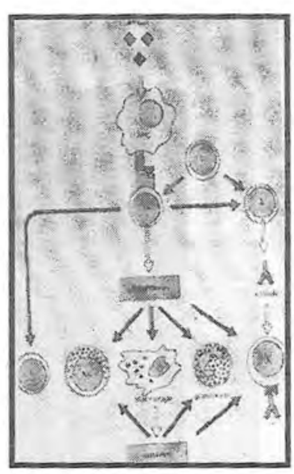
كائنات حية عديدة تختلف فى تركيبها التشريحي وأدائها الوظيفي ، والذى يحكم هذا الاختلاف فى هذه الكائنات الحية هو طاقمها الوراثى.



الفيروس الحليمى البشرى المسبب لسرطان الثدى



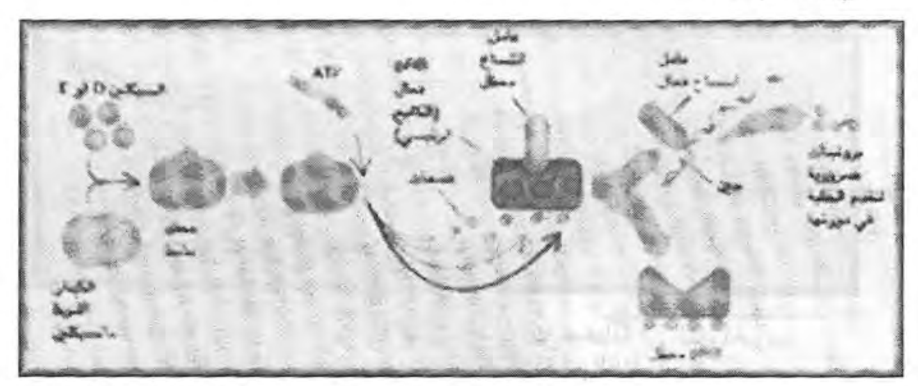
يطمح العلماء إلى التوصل إلى علاج قاطع لمرض الإيدز من خلال العلاج بالجينات



يتم الآن دراسة أسباب فشل الجهاز المناعى للإنسان فى السيطرة على فيروس الإيدز ، وربط ذلك بالتعبير الجينى لكل من جينات الفيروس وجينات الإنسان



توجد جينات لضبط عملية الانقسام الخلوى ، ومن ثم لا تسير الدورة عشوائيا .



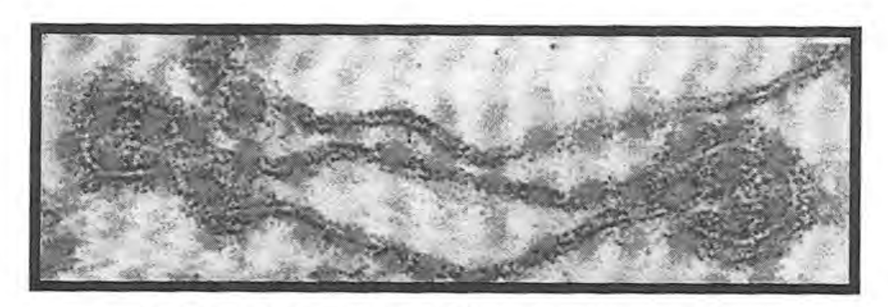
توجد جينات محددة فى جينوم الخلية تحدد الزمن الذى تدخل فيه الخلية الحية دورة الانقسام.



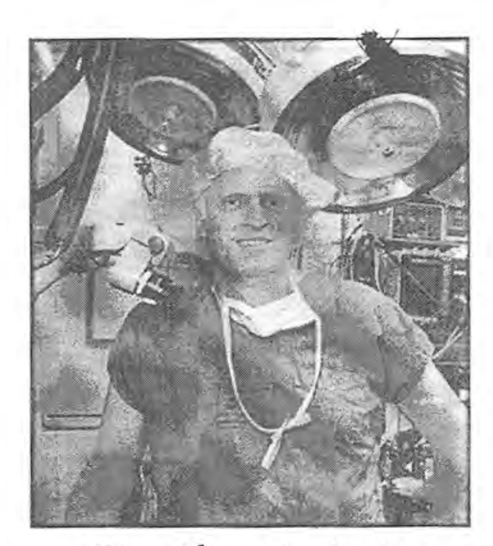
قد ترتبط بعض المواد الكيميائية بالدنا الوراثى ، وتعيق تعبير جينات تحديد وضبط الدورة الانقسامية للخلية من التعبير عن نفسها ، ومن ثم تعطيل الأداء الشفرى لها .



لقد اتضح من الدراسات العديدة أن الحب فى الكائنات الحية يحدث من خلال التحكم الجينى في تكوين مواد حيوية مسئولة عن عمليات التقارب بين الكائنات الحية، كما يتم دراسة فسيولوجيا الأطقم الوراثية بعد حدوث عملية الحب للاستفادة منها .



تتم عملية التخزين للإنزيمات المختلفة داخل أماكن مختلفة فى البناء الحيوى للكائن الحى ، يحكم توزيعه جينات محددة فى الطاقم الوراثى



د . هانز وطموحات نحو تحقيق معالجات سرطانية أكثر تقدما «المعالجات الجينية»



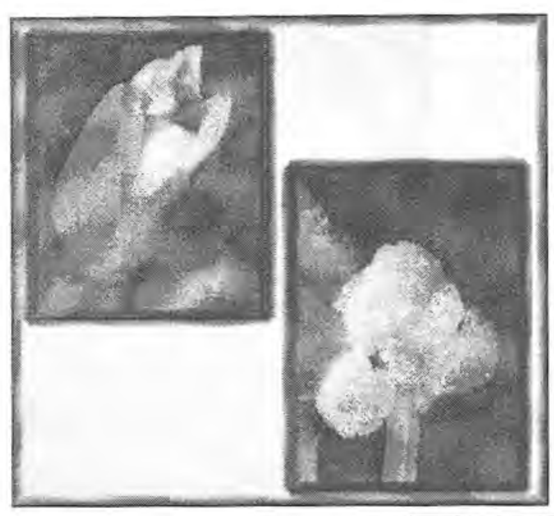
لقد ثبت أن سرطان الجلد الذى يصيب الجلد نتيجة لتعرضه للأشعة فوق البنفسجية لا يحدث إلا إذا توافر لدى الإنسان الاستعداد الوراثى لحدوث ذلك.



الكلوروفيل «المادة الخضراء» والأساسية فى عملية البناء الضوئى ، يتحكم فى بنائها جينات محددة في جينوم الخلية النباتية (بعض الخلايات النباتية وليس كلها) ، حيث يدرس العلماء عزل هذه الجينات ، واستخدامها فى إنتاج كائنات حية ذاتية التغذية غير نباتية ، وهو أمل يراود العلماء، ويطمحون كثيراً فى تحقيقه .

لم تعد الجراحة التقليدية ، ولا الطب التقليدى مجدياً فى ظل ثورة العلاج بالجينات والطب الوراثى .





تفتح الأزهار ، وتكون الثمار يتحدد طبقا لبرنامج وراثى محمول فى جينوم الخلايا يتحدد طبقا له معدل النمو وطريقته والعمليات الحيوية المصاحبة للنمو ، والحادثة قبله وبعده



الديناصورات تلك الكائنات العملاقة التى عاشت يوماً ما على سطح الأرض، وتعرضت للانقراض ، يدرس العلماء إمكانية إعادتها للحياة على سطح الأرض من خلال مادتها الوراثية .



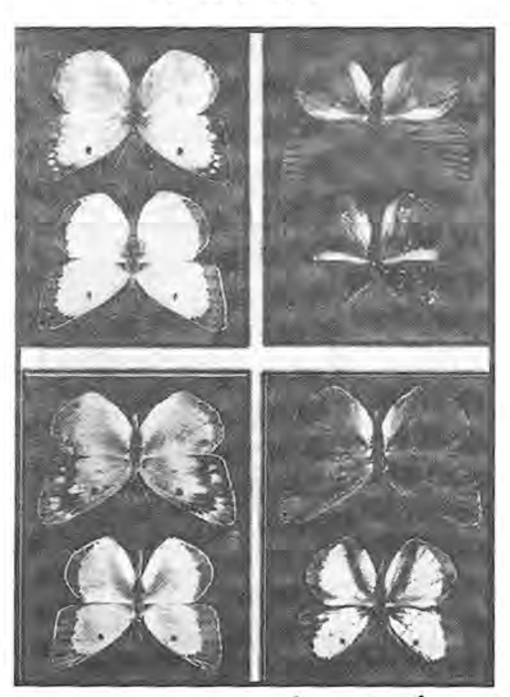
المخ البشرى المحتوى على جميع مراكز التحكم المسئولة عن إصدار التعليمات للأعضاء لتمارس سلوكًا محدداً ومن أمثلة ذلك مركز الحركة ومركز الكلام ومركز الإحساس ومركز السمع ومركز الإبصار ومركز الإدراك ، ومركز الشم ، ومركز الذاكرة ، كنا نتعامل معه على أنه مجمع من العمليات الفسيولوجية التحكمية فى مختلف أعضاء

الجسم ، لكننا الآن ننظر إليه على أنه مجمع من المعلومات الوراثية المتباينة والمشفرة لتوجيه مراكز المخ المختلفة لأداء عملها ، كل حسب تخصصه ، فالجينات التى تشفر لتوجيه مركز الكلام تختلف عن الجينات التى تشفر لتوجيه مركز الحركة ، تختلف عن الجينات التى تشفر لتوجيه مركز الإدراك ... إلخ .

ويمثل مجمع تلك الجينات المحملة بالمعلومات الوراثية جينوم المخ كما يتضح من هذا الشكل :



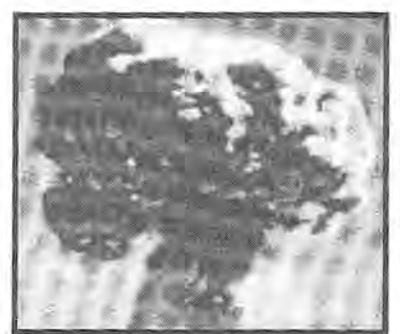
★ ★ ★ ★ ★



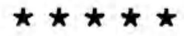
كلنا ننظر إلى اختلاف الألوان على أنه شيء يعبر عن مسحة متفاوتة من الجمال الذى منحه الله للكائن الحى ، فهذا الكائن جميل ، وهذا الكائن غير جميل ، وهذا

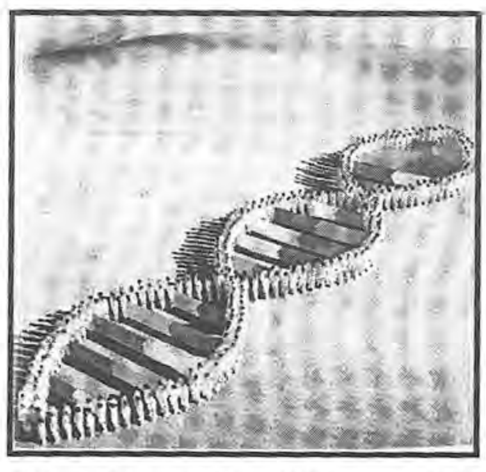
الكائن قبيح ... إلخ ، لكن ما أثبته العلماء الباحثين فى هندسة الجينات أن هذا الاختلاف فى الألوان يمثل الانعكاس الواضح للتعبير الجينى للجينات المكونة للصبغات التى تضفى على الكائن الحى لونا ما ، فصبغة لون ماتختلف عن صبغة لون آخر ، كما أن تركيز الصبغة عامل مؤثر فى تحديد تدرج الألوان ، ويتحدد تركيز الصبغة سواء كان كبيراً أم متوسطاً أم صغيرا من مدى درجة التعبير الجينى للجينات المشفرة لتكون الصبغة ، ومن ثمَّ يمكننا القول بأننا نتلون بما تحمله جيناتنا من معلومات وراثية.



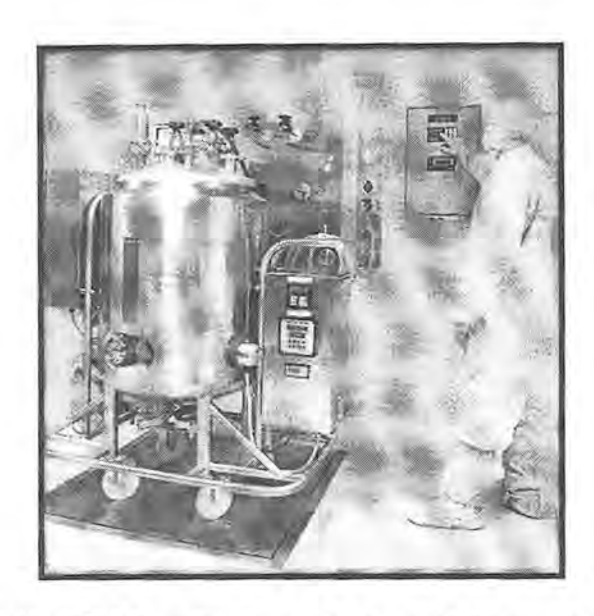


لم تعد الحرب النووية هى الممثلة للخطورة الوحيدة للبشرية ، بل الأخطر من ذلك حرب الجينات ، والتى تعتمد على تحميل الجينات المرضية داخل كائنات حية.





يوضح هذا الشكل ببساطة شديدة اللولب الحلزونى الملتف (الدنا الوراثى) **D. N . A** وهو معروض فى إحدى اللوحات الفنية ، وقد صممه الفنان فى شكل إسورة ذهبية وكتب تحتها : «نمتلك فى ذاتنا ما هو أثمن من الذهب.. معلوماتنا الوراثية» .

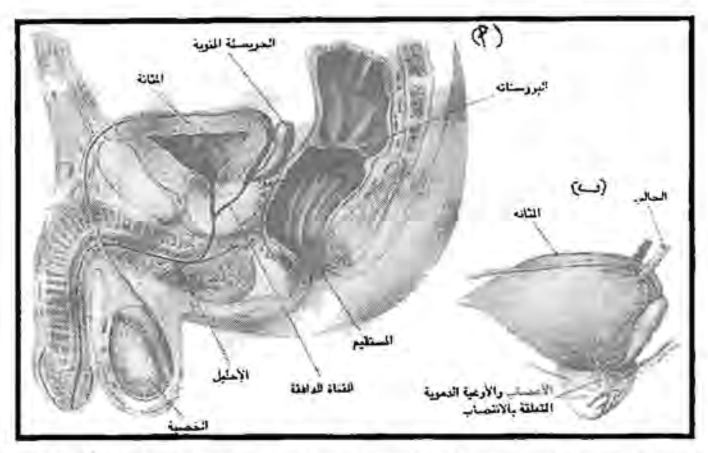


بعض الأجهزة المستخدمة فى عملية الاستنساخ الحيوية (الكلونة) **Cloning** حيث تتميز هذه الأجهزة بقدرة عالية على الأداء المتميز ، والتعامل الدقيق والحساس للعينات البيولوجية ، ونعنى بالحساسية للعينات البيولوجية أنه يتأثر بأى جزىء بيولوجى ، وليس خلية فحسب ، ويعرف ذلك بـ «الحساسية ـ **Senstivity** » تمييزاً لها عن الحساسية ضد **Allergy** ، والتى تعنى رد الفعل البيولوجى المتوقع للمواد الضارة بالجسم تجاه أى مؤثر خارجى.

يطمح العلماء من خلال عملية الاستنساخ الحيوى إلى التغلب على العديد من الأمراض التى كانت فى الماضى شبحًا مخيفًا للإنسان ، وذلك من خلال استنساخ الأعضاء البشرية من خلايا سليمة من الأعضاء المعطوبة ، أى سيمكننا القول حينئذ بأن الأعضاء البشرية ستكون حسب الطلب ، وهو موضوع تقنوى بحت بمعنى أنّ العلماء ينفذون تقنية ما لانجاز عملى لكن أخلاقيات استخدام هذه التقنية هو أمر متروك للعديد من علماء الإنسانيات وعلماء الدين وغيرهم للإدلاء بآرائهم ، ومن خلال ذلك نصل إلى الإجابة عن استفسارهم:

هل تستخدم هذه التقنية أم ترفض ؟؟

ولماذا يجب استخدامها ؟ ولماذا يجب رفضها ؟



سرطان البروستاتا ، والذى يصيب غدة البروستاتا ، مما يؤدى إلى تعطلها عن أدائها الوظيفى .

تعتبر البروستاتا من الغدد الملحقة بالجهاز التناسلى الذكرى ، حيث تمثل حاجزاً بين الجهازين البولى والتناسلى ، ويأخذ الجهاز البولى الشكل المثلثى ممثلا فى المثانة أعلى البروستاتا ، أما الجهاز التناسلى الذكرى فيمثله الجزء غامق اللون أسفل البروستاتا .

يوضح الشكل «ب» موقع البروستاتا بالنسبة للمثانة ، حيث المثانة من أعلى ، أما البروستاتا فتقع من أسفل وتأخذ اللون الفاتح .

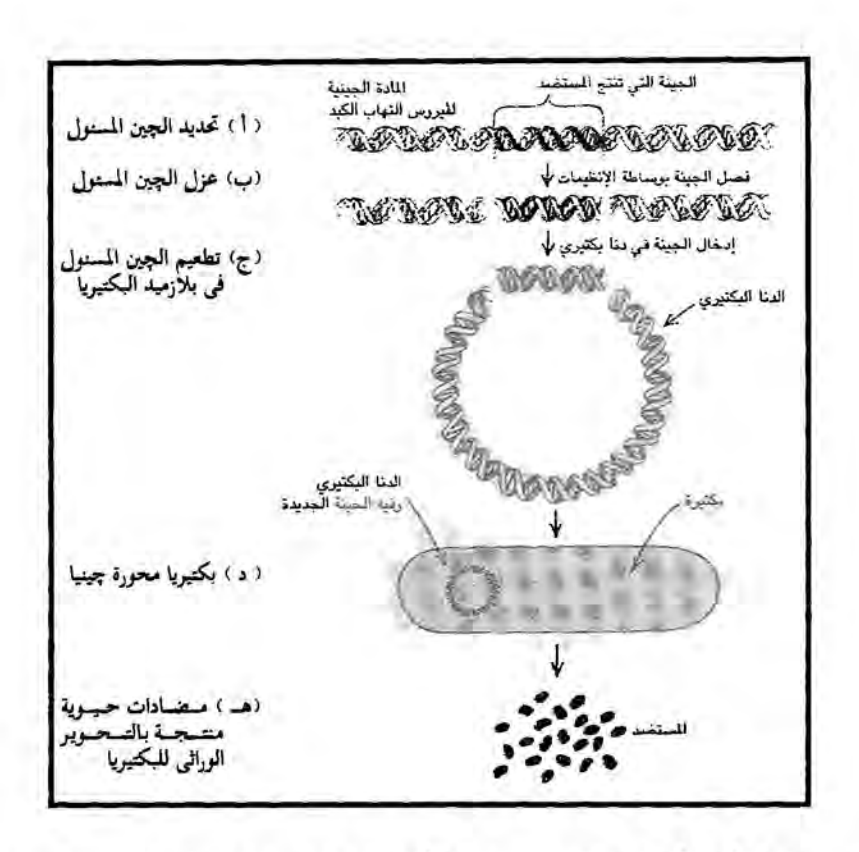
ويمكن استخدام الأشباه الجينية (تركيب جينى مكمل فى تتابعاته لتتابعات الجين المسبب لسرطان البروستاتا) مما يجعلنا نتعرف على حدوث سرطان البروستاتا من عدمه من خلال عملية التكامل الجينى الحادثة على طول شريط الدنا الوراثى ، والتى تظهر فى صورة نقاط سوداء عند التصوير بواسطة الأشعة السينية **X- Rays** .

يمكن من خلال عمليات الاستئصال أو التثبيط الجينى منع حدوث إصابة البروستاتا بالسرطان ، بل ومنع انتشار السرطان من أنسجة البروستاتا إلى سائر الأنسجة الأخرى .

لذا فالجينات هى المسئولة عن عمليات السرطنة المختلفة التى تحدث بأنسجة الجسم، وتستخدم أيضا لعلاج تلك الأنواع السرطانية .

* * * * *





يوضح هذا الشكل كيفية تحوير بعض البكتيريا لإنتاج المضادات الحيوية ، حيث توضح الخطوة (أ) تحديد الجين المشفر لتكوين المضاد الحيوى (تتابع من النيوتيدات يشكل الجين) ، وتتم عملية تحديد الجين من خلال تقنيات محددة، ثم يتم فى الخطوة (ب) فصل هذا الجين فى تسلسله النيوتيدى بواسطة إنزيمات القصر البكتيرية، والتى تقطع التتابع على جانبى التتابع المكون للجين ، ثم يتم فى الخطوة (ج) قطع الدنا البكتيرى الدائرى المعروف بالبلازميد بنفس إنزيم القصر القاطع للجين ، ثم يتم إيلاج (إدخال) الجين فى التتابع الدناوى للبلازميد ، ثم يتم ربط طرفى الجين مع طرفى الدنا البكتيرى من خلال إنزيمات الربط الدناوى المعروفة بـ **"Ligase"** .

يبدأ الجين ـ كما هو موضح فى الخطوة (د) فى التعبير عن نفسه والتشفير لتكوين المضادات الحيوية ، أى أن البكتيريا أصبحت فى هذه الحالة مصنعا لإنتاج المضادات الحيوية ، والموضحة فى الخطوة (هـ) فى شكل الأشكال الحمراء .

يجب أن نشير أن عملية التحوير الوراثى للبكتيريا بجعلها منتجة للمضادات الحيوية

لا يستهدف إنتاج بكتيريا واحدة فقط محورة وراثيا لأن ذلك لن يكون مجديا إطلاقا من الناحية الوراثية ، لكن ما يحدث هو الانقسام المتكرر للبكتيريا من خلال دورات الانقسام الثنائى البسيط منتجة فى زمن قصير ملايين الأفراد البكتيرية الحاملة لنفس الجين ، والتى يمكنها إنتاج المضاد الحيوى المراد ، والمشفر له من خلال الجين الذى تم إدخاله داخل الدنا الوراثى الدائرى للخلية البكتيرية .

أى أننا سنعيش فى المستقبل عصر المضادات الحيوية حسب الطلب ، أى طبقا لما نحتاج .

★ ★ ★ ★ ★

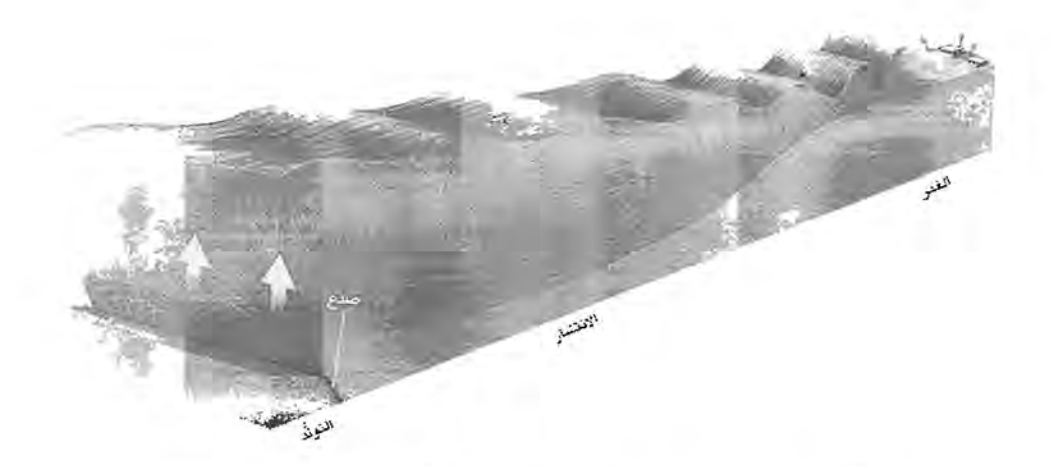


إن صناعة الجزيئات البيولوجية ليس بالأمر اليسير ، بل يحتاج إلى عمل تكاملى بديع من خلال العديد من الجينات الحاملة للمعلومات الوراثية ، والتى تتمثل فى تتابعات نيوتيدية محددة على طول شريط الدنا الوراثى D. N. A ، حيث لا يقل طول التتابع على الشريط عن ألف تتابع كما يلى :

القواعد الآزوتية
هيكل السكرفوسفات
التسلسل النيوتيدى (تتابع النيوتيدات المختلفة على طول شريط الدنا الوراثى)
Sequence - of - Nucliotid

حيث يتم نسخ الشفرات الموجودة على شريط الدنا الوراثى فى صورة شفرات على طول الشريط الوراثى ، حيث تعبر كل شفرة عن حامض أمينى محدد يتم وضعه فى مكانه الشفرى ، حتى تتكون سلسلة كاملة متتابعة من الأحماض الأمينية تعبر عن مركب بيولوجى ما .

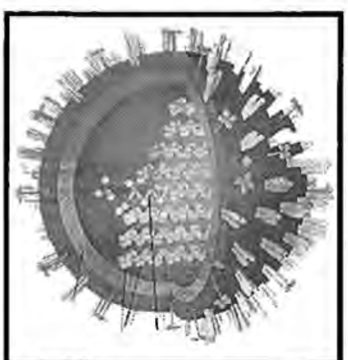
تحتاج هذه العملية لتعاون وتكامل العديد من الإنزيمات والأنواع المختلفة من الرنا الوراثى سواء كان ذلك الرنا الموصل **mesenger - R. N. A** أو الرنا الناقل **transfer - R. N. A** أو الرنا الريبوسومى **ribosomal - A. W. A** .



تمثل الزلازل مشكلة خطيرة للإنسان منذ أن هبط إلى الأرض ، حيث يؤدى حدوثها إلى كوارث عديدة يذهب ضحيتها آلاف الضحايا من البشر ، وللتغلب على ذلك بدأ الإنسان يبتكر أجهزة تتوقع بالزلازل ، لكن هذه الأجهزة عجزت عن ذلك ، فطور أجهزة ترصد الموجات الزلزالية ، وتوضح قوتها ومصدر نشأتها وانتشارها .

لكن فى عصر الجينات اكتشف العلماء وجود أنواع بكتيرية فى اليابان يمكنها أن تتوقع بحدوث الموجات الزلزالية قبل أن تقع ، وتجرى العديد من الأبحاث والدراسات الآن بهدف كشف التشفير الوراثى ومعرفة الجينات المشفرة لتكوين المركبات الحساسة للموجات الزلزالية والداخلة فى بناء جدار الخلية البكتيرية ، مما سيجعل من هذه البكتيريا وسائل تقنوية عالية المستوى للتوقع بالموجات الزلزالية ، كما يمكن عزل هذه الجينات بعد تحديدها ، وتطعيمها فى الجينوم البشرى ، مما سيجعل الإنسان فى المستقبل يمكنه أن يتوقع بحدوث الموجات الزلزالية قبل أن تقع ، مما سيمكنه من تفادى العديد من الكوارث المحتمل وقوعها إذا ما حدث الزلزال .

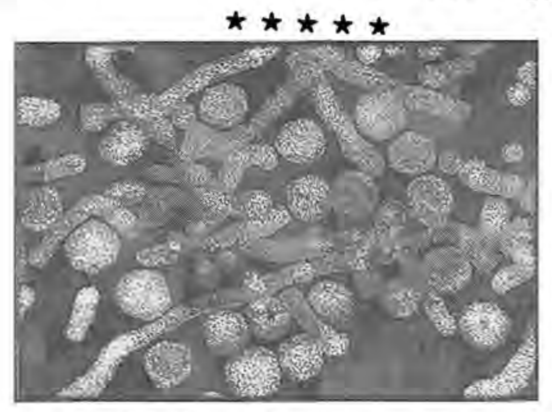




فيروس الإنفلونزا ، والذى نعانى منه باستمرار ، أصبح بإمكاننا السيطرة عليه من خلال تحوير الخلايا المناعية جينيا لتعمل على بللورة الفيروس بمجرد دخوله إلى داخل الجسم (أى تحويله إلى بللورات) ومن ثمَّ لا يستطيع أن يعبر عن نفسه .

وقد تم التعرف على هذا الجين داخل جينوم الفيروس ، وهو المسئول عن كون الفيروس مادة حية داخل الخلية ، ومادة غير حية خارجها ، مما سيحدث طفرة طبية فى معالجات فيروس الإنفلونزا مستقبلا .

* * * * *



فيروس الالتهاب الكبدى الوبائى **Hepatitis** من السلالة **(B)** ، والذى يؤدى إلى تدمير خلايا الكبد ، مما يؤدى فى النهاية إلى الوفاة المحققة ، ورغم الصعوبات البالغة التى تواجه العلماء فى إمكانية تحقيق معالجات جيدة للالتهاب الكبدى الوبائى ، إلا أن الآمال فى التوصل إلى علاج ناجح للالتهاب الكبدى الوبائى من خلال العلاج بالجينات ، والتى تعنى استخدام المعلومات الوراثية المحملة على الجينات المكونة لجينوم الخلية الحية لإصلاح ما يمكن أن يصيب الخلية الحية من أعطاب قد تودى فى النهاية بحياتها ، وستمثل ثورة لها آثارها المهمة فى حقل المعالجات الموجهة نحو الالتهاب الكبدى الوبائى، وعلى حد تعبير «د. آلان توماس» الباحث بالهندسة الوراثية:

إن معرفتنا بهوية إحداث الإصابة الفيروسية للكبد على أساس جينى سيكون بداية النجاح لاستخدام العلاج بالجينات للالتهاب الكبدى الوبائى» .

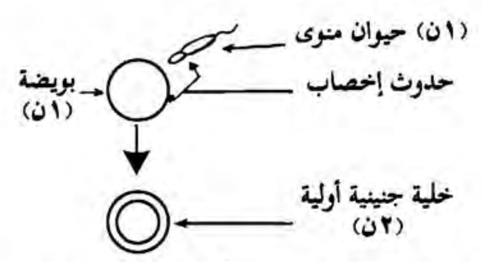
كما يذكر فى حديث آخر له قوله :

«يمكننا الآن من خلال عمليات الكلونة صناعة كبد جديد سليم ومقاوم للفيروسات الكبدية .. حقاً إنها ثورة علمية تمثل إنقاذ ما لم يمكننا إنقاذه من قبل» .

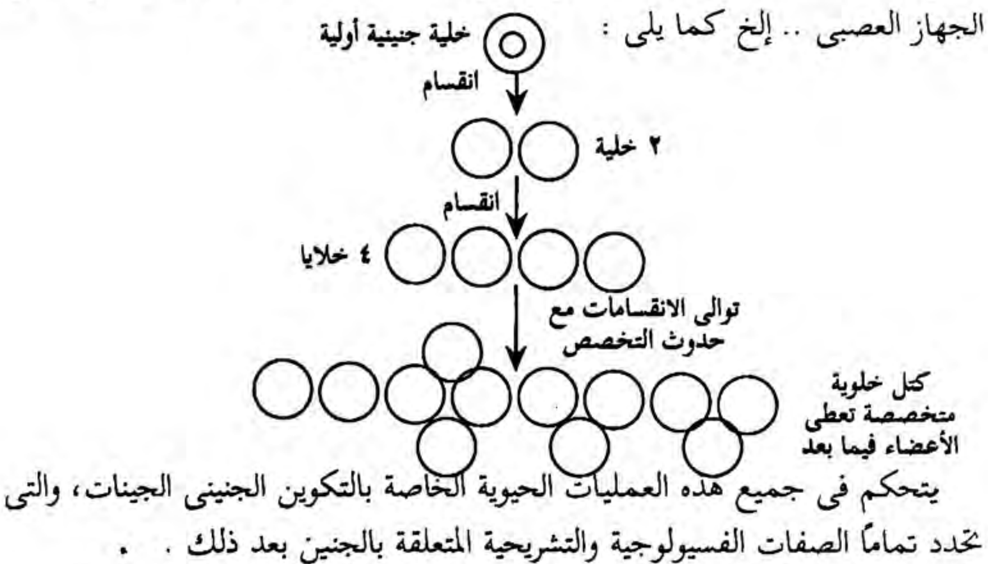




يتم التكوين الجنينى طبقا لمراحل محددة ، حيث يلتقى الحيوان المنوى بالبويضة فى أعلى قناة المبيض فيما يعرف بالإخصاب ، ويكون نتيجة هذا الالتقاء تكون خلية جنينية أولية تمثل (٢ن) أى ثنائية العدد الصبغى كما يلى:



تنقسم الخلية الجنينية الأولية لتعطى خليتين ثم أربع خلايا ، ثم ست عشرة خلية ، ثم اثنين وثلاثين خلية ، ثم يتضاعف عدد الخلايا لنصل إلى مرحلة التخصص الخلوى ، والتى نعنى بها تخصص بعض الخلايا لإعطاء أعضاء خاصة ، فالخلايا التى تعطى القلب تختلف عن الخلايا التى تعطى الكبد ، تختلف عن الخلايا التى تعطى الجهاز العصبى .. إلخ كما يلى :

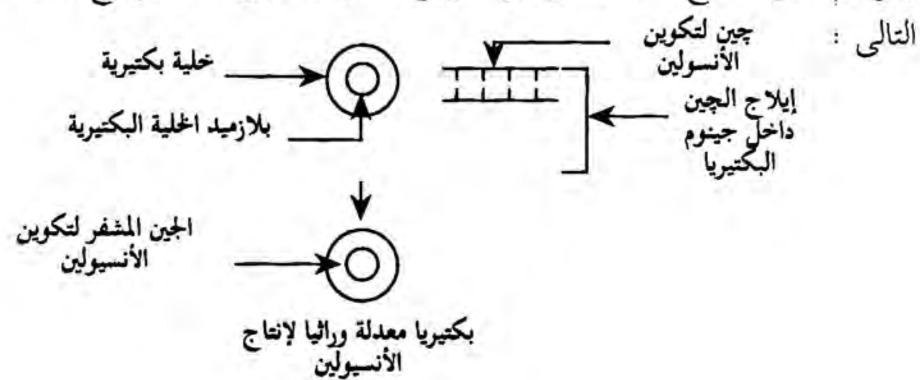


يتحكم فى جميع هذه العمليات الحيوية الخاصة بالتكوين الجنينى الجينات، والتى تحدد تماماً الصفات الفسيولوجية والتشريحية المتعلقة بالجنين بعد ذلك .

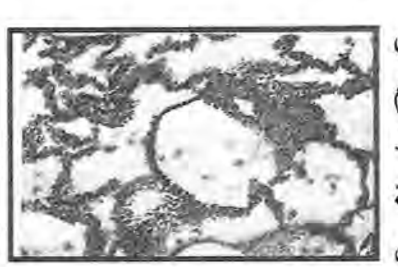


حقنة الإنسولين يعرفها مرضى السكر تماما ، بل يحفظونها ، يحفظون شكلها ، تأثيرها ، تمثل لهم ألمًا شديداً ، لكن لا مفر ولا مناص .

كان ذلك فى الماضى ، لكن الآن قد تغير الوضع تمامًا ، فقد استطاع العلماء معرفة الجينات المشفرة لتكوين الإنسولين ويقومون بعزلها وإدخالها داخل بكتيريا ، ومن ثم فسوف تنتج هذه البكتيريا الإنسولين بكميات كبيرة كما يوضح ذلك الشكل التالى :



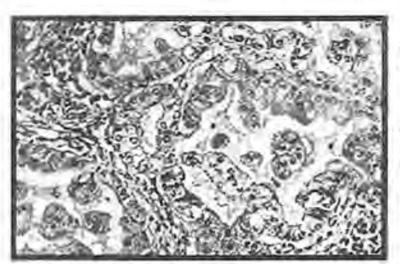
كما يمكن تحوير الغدد الثديية لإنتاج الإنسولين بنفس التقنية ، حيث يتم إفراز الإنسولين مع السائل اللبنى ، ثم يستخلص بعد ذلك ، لكن الجديد الآن هو الاتجاه إلى استنساخ البنكرياس من خلال انتقاء خلية سليمة من البنكرياس، ثم يعاد زراعة هذا البنكرياس فى الجسم فلا يلقى مقاومة تذكر ، ويؤدى وظائفه بكفاءة تامة لأنه يمثل جزءاً من الجسم ، فهو مستنسخ من خلية منه .



أحد أنواع السرطانات التى تصيب الرئة ، والتى تؤدى إلى تدمير أنسجة الرئة، حيث يحدث انقسام غير محدد للخلايا ، مما يؤدى إلى تضخم ملحوظ فى أحجام الخلايا ، وذلك لغياب الجينات المسئولة عن عملية ضبط الانقسام الخلوى ، كما أن السرطان المتكون له القدرة على الانتشار من خلال الأوعية الدموية ، والتى تتكاتف فى نموها حول الخلية السرطانية ، مما يساعدها على الانتقال .

لقد ظللنا فترات طويلة عاجزين عن إدراك العديد من الألغاز والإسرار حول انتشار السرطان ونشأته ، لكننا فى عصر الجينات استطعنا اكتشاف الجينات المسئولة عن عمليات السرطنة للخلايا ، والمعروفة بالجينات المسرطنة **Oncogenes** ، كما استطعنا تحديد الجينات المشفرة لتكوين التكثيف للنمو الوعائى حول الورم السرطانى ، ويمكن أن يفيدنا ذلك فى مجالات عديدة فى التطبيقات العلاجية لمرض السرطان .



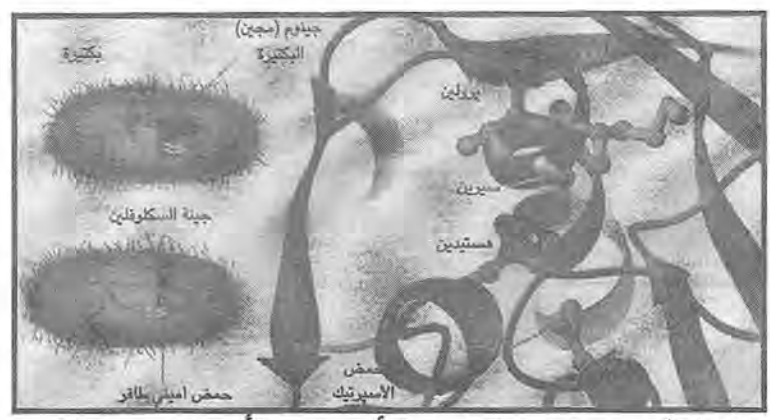


يوضح الشكل المقابل انخفاض نسبة الخلايا السرطانية عند استعمال المعالجات الجينية والتى تستهدف إما تثبيط الجينات المسرطنة عن أدائها الوظيفى وتعبيرها الجينى ، مما يلاشى آثارها مطلقا ، كما يمكن تثبيط التعبير الجينى للجينات المشفرة لتكوين النموات الوعائية الكثيفة حول الورم السرطانى مما يمنع من انتشار الورم السرطانى من نسيج إلى نسيج .

لقد حقق استخدام العلاج الجينى نجاحًا كبيرا بالمقارنة بالمعالجات الأخرى فى حقل المعالجات السرطانية ، مما يعد فتحا طبيا جديداً ويظهر ذلك فى المنحنى المقابل :

(يوجد تطور فى المعالجات) منحنى المعالجات الجينية

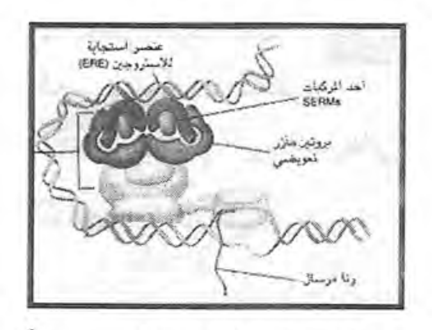
(لايوجد تطور) منحنى المعالجات التقليدى



يوضح هذا الشكل عمليات السلسلة للأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد المترابطة من خلال روابط ببتيدية مكونة بذلك البروتينات المختلفة .

يظهر فى الترتيب الموضح بالشكل الأحماض الأمينية البرولين والسيرين والهيستدين والتى تترسب وراء بعضها طبقا للشفرات الوراثية المحمولة على شريط الرنا الوراثى (R . N . A) والمنسوخة طبقا للشفرات الوراثية الموجودة على شريط الدنا الوراثى مما يوجد فى النهاية منظومة بروتينية منظمة ومقننة طبقا للمعلومات الوراثية المحمولة على الجينات . لذا يمكننا القول بصواب النظرية التى تنص على (أن الجواهر الفيزيقية للجزيئات البيولوجية تكون ممثلة فى العوامل الوراثية «الجينات») .





إن عملية تخليق بروتين داخل الخلية الحية ليست بالأمر اليسير ، بل هى مزيج معقد من التكاملات فى الأداء الوظيفى بين الدنا الوراثى **(D.N.A)** والرنا الوراثى **(R.N.A)** مع العديد من الإنزيمات المعاونة فى إنجاز هذه العملية الحيوية والتى تعتبر من ضروريات الأداء الوظيفى الخلوى للنظام البيولوجى للكائن الحى.



يمكن استخدام تقنية الدنا المطعّم فى توجيه عمليات التكوين الجنينى والنمو، وذلك بهدف تنشيط عمليات النمو واختصار فترة التكوين الجنينى مما يؤدى إلى تسارع نمو الجنين .

وتتم عملية التطعيم بجين طبيعى من جينات النمو ، أو جين مستنسخ من جينات النمو ، حيث يولج الجين داخل خلايا الجنين الأولى مما يعمل على تسارع فترة النمو فى فترة زمنية أقل من الفترة الطبيعية للنمو ويأمل الكثير من العلماء فى إحداث تسارع فى معدل النمو للخلايا الجنينية ، من خلال زيادة الإفرازات فى هرمونات النمو بإضافة جينات تعمل على سرعة تكوين الهرمونات وزيادة الكمية المفرزة منها .

يتحكم الطاقم الوراثى فى المرحلة الجنينية :

تكشف الخلايا وتخصصها حيث تخلف الخلية التى ستعطى القلب عن الخلية التى ستعطى الكلية من خلال الاختلاف فى توجيه الجينوم الخاص بهذه الخلايا .

يتحكم الطاقم الوراثى فى المرحلة الجنينية فى مراحل الانقسام المختلفة للخلايا الجنينية للوصول إلى حالة التعضون (تكون الأعضاء) .

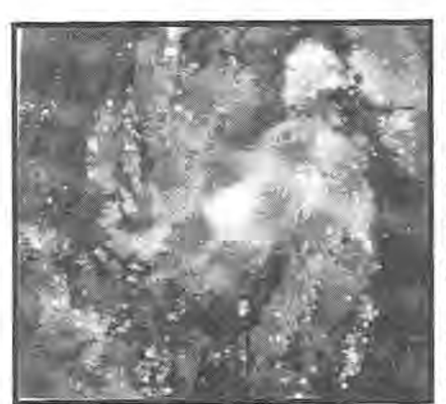
تتم المراحل المختلفة للتكوين الجنينى بداية من تكون الخلية الجنينية الأولية وحتى التكوين الكامل للجنين .

يأمل العلماء من خلال عمليات التطعيم الجينى للأطقم الوراثية فى المرحلة الجنينية فى الوصول إلى الجينين فائق القدرات البيولوجية والذى يتميز إلى إنسان يتسم بالطول الفارع والذكاء المفرط والقوة الجسمانية الفائقة والقدرات الوظيفية فائقة التصور.

إن هذا ليس من فانتازيا العلم بل هو حقيقة واقعة سنراها ونعلمها فى القرن القادم.

* * * * *

يأمل العلماء والباحثون فى القرن القادم فى التوصل إلى هندسة الطاقم الوراثى لبعض أنواع البكتريا وذلك من خلال تحوير وتغيير هذا الطاقم الوراثى لكى تكشف لنا



الحياة فى الأجرام السماوية البعيدة ، حيث يتم إطلاق هذه الأنواع من البكتريا فى الفضاء الخارجى وهى محددة للتفاعل البيولوجى مع أى مكون بيولوجى قد يوجد هناك ، ويعرف ذلك من خلال ظهور نوع من الفسفرة الضوئية عندما يتم هذا التفاعل ، ويمكن تصوير هذه الفسفرة الضوئية من خلال أشعة الليزر ، وما زالت الأبحاث والدراسات تجرى لتحقيق هذا الحلم.





تمثل طبقة الأوزون منطقة حماية فى الغلاف الجوى للحياة على سطح الأرض ، وتتكون هذه الطبقة من غاز الأوزون (O_3) وبعض الأيونات الأخرى ، وتعمل هذه الطبقة على وقاية سطح الأرض من وصول الأشعة فوق البنفسجية ، والتى تعمل على إصابة الجلد ببعض أنواع سرطان الجلد، ورغم أهمية هذه الطبقة إلا أنها بدأت تتآكل بفعل الملوثات الكيماوية المتصاعدة من سطح الأرض ، وعوادم الصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية ، واختراق الطائرات النفاثة لها .

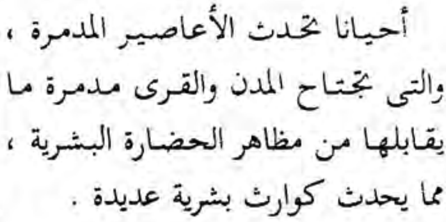
لقد بدأت كمية الأشعة فوق البنفسجية فى الزيادة المضطردة بعد تعرض طبقة الأوزون للتآكل ، وبدأت تأثيرات اختراق الأشعة فوق البنفسجية للغلاف الجوى تزداد حدة ، ظهر ذلك فى صورة ارتفاع لدرجة حرارة الأرض ، وذوبان بعض ثلوج القطبين.

لقد أصبح علاج طبقة الأوزون من الأبحاث ذات الأهمية الكبيرة فى العديد من مراكز الأبحاث الكيميائية ، بل وأصبح لطبقة الأوزون مراكز أبحاث خاصة بها «مراكز أبحاث الأوزون» والتى تركزت أبحاثها على إطلاق صواريخ محملة بمواد كيماوية

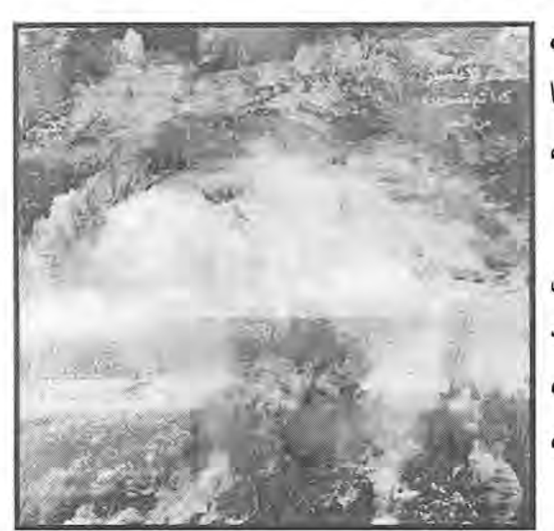
بهدف ترقيع طبقة الأوزون ، وقد حققت تلك الأبحاث بعض النجاح ، لكنها لم تنجح فى تقديم حلول جذرية لمشكلة الأوزون .

ولأهمية طبقة الأوزون بدأ علماء «جينوميا الفضاء» تركيز أبحاثهم على هذه الطبقة، لمحاولة إيجاد حلول جذرية باستخدام تقنية الجينوم ، حيث استطاع فريق علمى تحوير جينوم سلالة بكتيرية بحيث تستطيع الحياة الدائمة فى طبقة الأوزون ، وتعمل على تحليل المواد الكيماوية المسببة لتآكل طبقة الأوزون.

★ ★ ★ ★ ★



أحيانا تحدث الأعاصير المدمرة ، والتى تجتاح المدن والقرى مدمرة ما يقابلها من مظاهر الحضارة البشرية ، مما يحدث كوارث بشرية عديدة .



ورغم عظم الكوارث الناجمة عن حدوث هذه الأعاصير إلاّ أنه لا توجد أجهزة للتوقع بالأعاصير قبل أن تقع ، ومدى انتشارها وأماكن نشأتها، وقوتها.

لكن العلماء يحاولون الآن هندسة بعض البكتيريا إلكتروجينيا ، حيث يتم إدخال شرائح إلكترونية يبلغ قطرها ١/١٠٠٠ من الميكرون داخل الخلية البكتيرية، ويتم هندسة الطاقم الوراثى البكتيرى لتقبل هذه الشرائح الإلكترونية ، ويسمح ذلك بتحوير البتكتيريا وتحويلها إلى سابحات إلكترونية فى الأجواء المحيطة بالأرض، وهذه الشرائح حساسة لأى تغير قد يؤدى إلى إعصار ، مما يجعلها ترسل إشارات لاسلكية إلى أجهزة استقبال لهذه الإشارات ، والتى تقوم بدورها بتحليل هذه الإشارات ، والتوقع بحدوث الإعصار متضمنة معلومات عن :

قوة الإعصار ، مكان الإعصار ، مدى انتشار الإعصار ، طبيعة الإعصار .

حقاً .. إنه عصر الجينات والإلكترونات أعنى المزيج بينهما وهو سمة العصر القادم.



لقد اكتشف العلماء أن نبات الشاى الأخضر يكون مادة مضادة للسرطان ، ويحاول العلماء تحديد الجين المسئول عن التشفير لتكوين هذه المادة داخل هذا النبات ، ثم عزله ، وتطعيمه بعد ذلك فى جينوم البكتيريا لتفرز البكتريا هذه المادة المضادة لمرض السرطان بكميات هائلة ، أو تطعيمها داخل جينوم الغدد الثديية لتفرز هذه المواد المضادة للسرطان داخل السائل اللبنى ، والذى يستخلص بعد ذلك منه بطرق استخلاص كيميائية .





البكتريا المحللة للحوم البشرية ، والتى انتشرت عام ١٩٩٤م ، وقد اختلفت آراء العلماء فى تفسير الظهور المفاجئ لهذه البكتيريا ، ويرى بعض العلماء أن هذه البكتريا قد نشأت نتيجة حدوث خطأ فى أحد معامل الهندسة الوراثية مما أدى إلى تخليقها وانتشارها حاملة جينا جديدا يعمل على إفراز إنزيمات تقويم بتحليل الأنسجة البشرية ، مما قد يؤدى إلى كارثة لم يتوقعها الإنسان من قبل.

لذا فالمجتمع الدولى بالكامل مطالب بأن يوجه نداء إلى هيئة الأمم المتحدة لتقنين العمل فى مجال بحوث الهندسة الوراثية ، ونعنى بالتقنين وجود ضوابط تحكم العمل البحثى وليس الحجر على فكر العلماء .

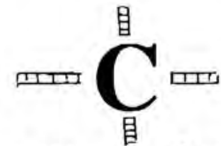




د : **جون أدلر** . من أكثر المهتمين على المستوى العالمى بتأثير المجالات الكهربية والمغناطيسية على المادة الوراثية ، حيث يرى أن الأجواء المشبعة من حولنا بالعديد والعديد من الموجات العابرة تمثل انتقامًا من الإنسان لمخزونه الوراثى الذى حباه الله به، بل وانتقاما من كل مخزون وراثى لأى كائن حى آخر.



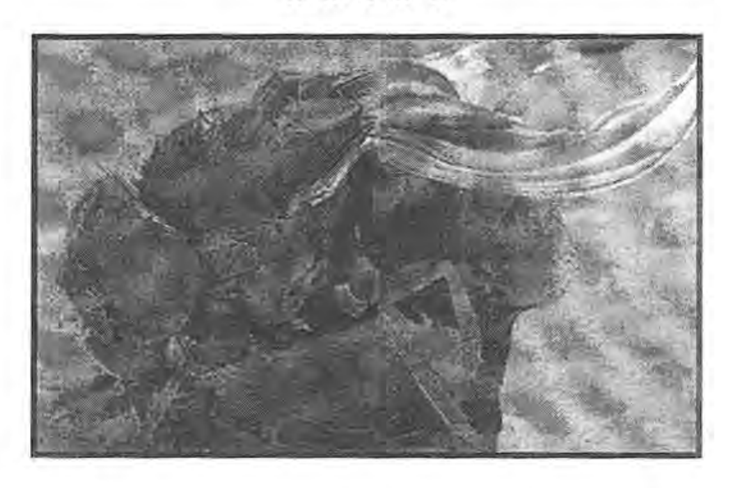
صورة مجسمة لذرة الكربون ، والتى تمثل أساس تكوين المركبات العضوية ، حيث يتضح من الشكل الأذرع الأربعة لذرة الكربون [الموجودة فى المنتصف كالتالى :



حيث تعبر (C) عن ذرة الكربون **Carbon atom** ، وعن الأذرع الخارجة من ذرة الكربون ، وهى ما تسمى بالتكافؤات .

للأهمية الكبيرة لذرات الكربون فى تكوين المركبات العضوية اتجه العلماء إلى هندسة بعض البكتيريا وراثيا لإنتاج وتخليق ذرات الكربون ، والتى يمكن استخلاصها كيميائيا بعد ذلك ، وتكوين مركبات عضوية عديدة منها .





إن هندسة الجينات كتقنية حديثة وليدة سلاح ذو حدين فكما أمكن استخدامها فى العديد من المجالات المفيدة للإنسان ، يمكن استخدامها لتدمير الحياة على سطح هذا الكوكب، حيث يتم خرطنة الجينات المرضية فى العديد من الكائنات ، وتطعيم هذه الجينات فى جينوم البكتيريا حيث يورث هذا الجينوم المرضى الجديد للأجيال الناتجة من انقسامها. يتم بعد ذلك تحميل هذه البكتيريا فى حاملات بكتيرية

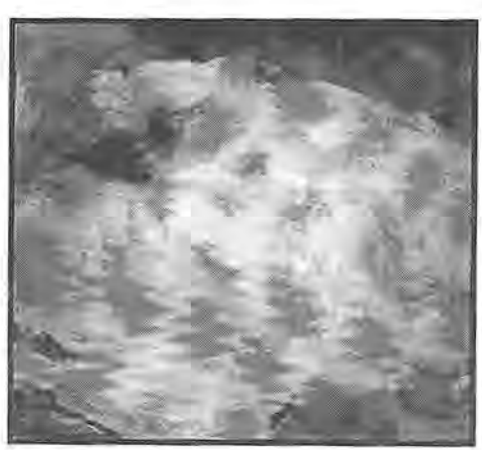
« كبسولات خاصة» حيث يتم إطلاقها فى مجتمع ما لتخرج البكتيريا وتتكاثر وتغزو جيناتها المرضية أجسام الكائنات الحية لتفتك بها وتحولها إلى موات .

إن هذا يعنى إحداث موتاً بطيئا لمجتمع بأكمله ، وليس البكتيريا فقط هى الكائن الحى المستخدم فى مثل هذه التجارب فقد شملت التجارب الحشرات بمختلف أنواعها ورتبها والنباتات ولاسيما حبوب القمح حيث يتم تطعيمه بجينات مرضية محددة ومبرمجة بعضها لإصابة الجينوم البشرى فى حالة الحبوب المعدة للاستخدام الآدمى ، أو إنتاج نباتات قمح يسمح محتواها الجينى بإكثار الآفات .

من أخطر مستويات حرب الجينات التحميل الحشرى ، حيث يتم التحميل فى هذا المستوى للجينات المرضية داخل جينوم الحشرات والتى تتميز بتعدد أنواعها وسرعة تكاثرها ومعيشتها فى أكثر من بيئة ولكونها الوسيط لآلاف المسببات المرضية التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات بالعديد من الأمراض وتصبح الحشرة فى هذه الحالة أخطر من مئات الطائرات تدميرا وفتكا وتعتبر الحركة المتنوعة وكبيرة المدى للحشرات من أهم عوامل اختيار الحشرة كأحد الكائنات الحية الأساسية فى «حرب الجينات» .

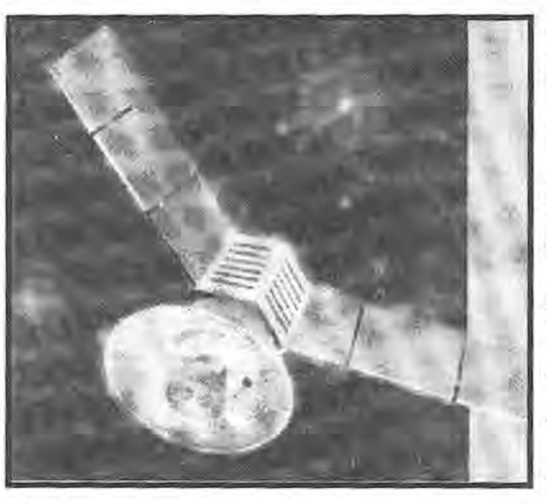


تمثل عملية استخراج الماس عملية معقدة ومكلفة ، وتحتاج إلى وقت وجهد، وقد كان الحلم الذى يراود البشرية هو الوصول إلى استخراج المعادن النفيسة ، كالذهب والماس والزمرد والياقوت ، بأقل تكلفة ممكنة .



لذا كانت هذه البكتريا المهندسة وراثيا ، والتى تم تحوير الجينوم الخاص، من خلال إدخال جينات معينة بها تعمل على توجيه البكتيريا كمنقبات عن هذه المعادن، حيث تعمل على امتصاص ذرات هذه المعادن ، وتخزينها فى أجسامها ، ويمكن استخراجها بعد ذلك من خلال طرق الاستخلاص الكيميائى لهذه الذرات .

يتجه العلماء إلى تصميم سفن فضاء تحمل العديد من الكائنات الحية المهندسة وراثيا كمستكشفات للحياة على الكواكب الأخرى ، وذلك من خلال تحويرها وراثيا، حيث يمكنها ذلك من تحليل المواد الحية التى تواجهها حاملة معها بعضا من مكوناتها ، والتى يمكننا التعرف عليها من خلال تحليل مكونات الكائن الحى المهندس وراثيا (غالبا ما يكون كائن حى دقيق كالبكتيريا) ، حيث يدل وجود مكونات غريبة فى التحليل الكيميائى على وجود كائنات حية على تلك الأجرام السماوية .



* * * * *

لاشك فى أن تقنية هندسة الجينات ستمثل الإنقاذ الذى تنتظره البشرية من التعرض للمجاعات ، حيث يمكن من تحديد الجينات الموجودة فى مجموعة من النباتات التى تتحمل الظروف البيئية السيئة نقل هذه الجينات وتطعيمها فى جينوم النباتات المفيدة جداً للإنسان سواء كانت تلك النباتات :

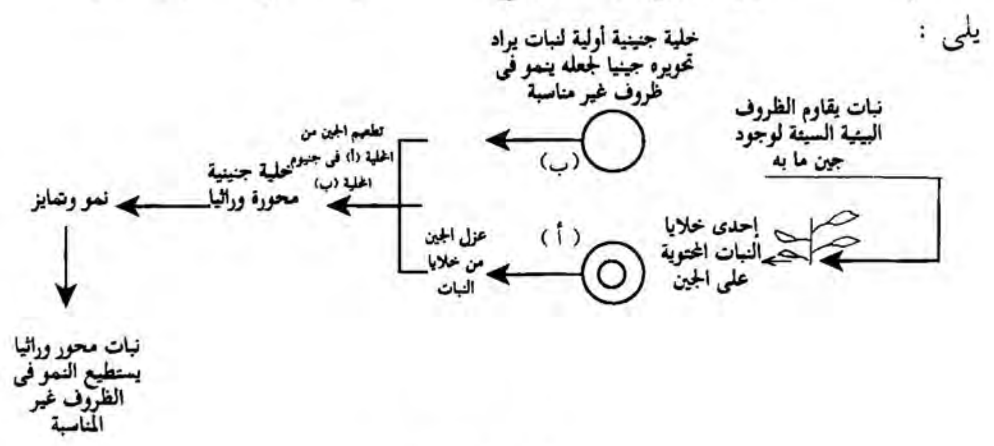


* نباتات محاصيل .
* نباتات خضر .
* نباتات بساتين .

وذلك بهدف زراعة هذه النباتات فى بيئات غير مناسبة ، لكن التحوير الجينى لهذه النباتات يمكنها من النمو والإزهار والإثمار فى تلك المناطق .

إن ذلك سيجعلنا نرى مستقبلا نباتات منتجة تنمو وتثمر فى بيئات جافة أو شديدة الجفاف ، أو بيئات ذات ضغوط أسموزية عالية ، أو بيئات مرتفعة فى تركيز الملوحة ، ورغم ذلك تنمو النباتات ، وتعطى إنتاجاً وفيراً لأن الطاقم الوراثى لها محور .

تتم عملية التحوير الوراثى بهدف إنتاج نباتات مقاومة للظروف البيئية السيئة كما يلى :



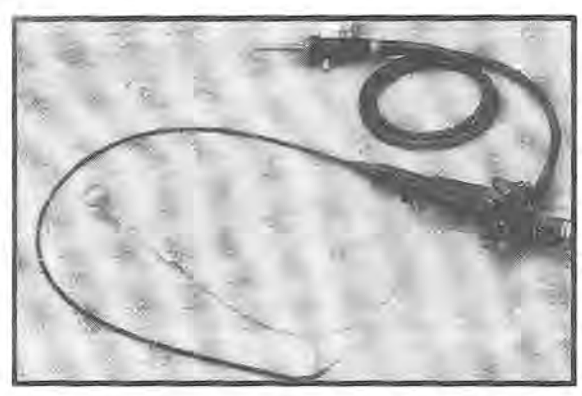
★ ★ ★ ★ ★

ما زالت عملية بناء أبى الهول لغزاً فى الحضارة المصرية القديمة ، حيث يتكون جسده من جسم حيوان ورأس إنسان ، ويوضح هذا الشكل شكلا تخيليا لعملية إعداده فوق الهضبة ، وما زال السؤال يطرح نفسه :



أكان الفراعنة خبراء فى التهجين الحيوى ، لذلك رمزوا له بالمخلوق المهجن من إنسان وحيوان ممثلا فى أبى الهول ؟

وما زالت العديد من الدراسات تجرى بهدف كشف هذا اللغز ، والذى إن ثبت سيكون الفراعنة أول من أشار إلى عمليات الخلط الجينى بين الأحياء ، أى منذ أكثر من سبعة آلاف عام .



لم نعد بحاجة إلى استخدام أجهزة كاشفة لما يمكن أن يدور داخل الأحشاء لأننا سنتعامل مع مستويات أدق من هذا بكثير ، حيث تعاملنا على مستوى الوحدة الوراثية المعروفة بالجين ، والذى يحمل من المعلومات ما هو كفيل بمعرفتنا بكل صغيرة وكبيرة عن الخلية الحية فى أدق تفاصيلها .

يتم ذلك من خلال تحليل المعلومات الوراثية المحمولة على هذه الجينات ، والتى نستدل من خلالها على ما يلى :

- طبيعة الخلايا المختارة .
- طبيعة الأداء الوظيفى لهذه الخلايا .
- رصد ما يحدث من اعتلالات داخل الخلايا مع بيان نوع هذه الاختلالات .
- التعرف على حدوث أى تغير فى التركيب الجينى للجينات المشكلة لجينوم الخلايا.

يتم ذلك من خلال ما يعرف بالواسمات الجزيئية (المنقبات الجزيئية) ، والتى يمكن أن نطلق عليها الأشباه الجينية المتكاملة ، من خلال خاصية تكامل وازدواج القواعد الآزوتية على طول شريط للدنا الوراثى **D . N . A** ، حيث :

A==== T G≡≡≡≡≡C

أى تتكامل القاعدة الآزوتية الأدنين مع القاعدة الآزوتية الثايمين ، والجوانين مع السيتوزين ، ويتم إظهار عملية التكامل تلك من خلال التصوير بالأشعة السينية ، ويعنى حدوث التكامل وجود الجين المكمل المسئول عن وظيفة ما معروفة لدينا أو مرض ما .

★ ★ ★ ★ ★



تفيد عمليات الكمترة (الحوسبة) **Computerization** فى تحويل العديد من المعلومات الوراثية ، والتى تمثل ضرورة من ضروريات المستقبل إلى منحنيات تعبر عن هذه المعلومات .

من الجوانب المهمة التى يمكن أن تفيدنا فيها المنحنيات الجينية المسجلة على أجهزة الحاسوب :

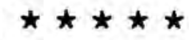
- درجة التعبير الجينى.
- العلاقة بين درجة التعبير الجينى وعدد الجينات.
- العلاقة بين الجينات النووية والجينات السيتوبلازمية .
- حالات الشذوذ فى التعبير الجينى .
- حالات الاسترشاد الوراثى للأمراض الوراثية فى النبات والحيوان والإنسان.
- عمليات المقارنة بين جينوم العديد من الكائنات الحية .
- دراسة العلاقة التطورية للكائنات الحية وعلاقتها بالتقارب أو التباعد الجينى.
- دراسة العلاقة بين التعبير الجينى والبيئة .

كما تفيد عمليات كمترة المعلومة الوراثية (تحميلها فى أجهزة الكمبيوتر) فى تخزين بلايين البلايين من تلك المعلومات متضمنة نوع المعلومة ونوع الجين الحامل لها ، وعدد الجينات الحاملة لها ، العلاقة بين هذه الجينات ، ودرجات التعبير الجينى لهذه الجينات ، .. إلخ من المعلومات الوراثية التى تمثل ذات الكائن الحى .

★ ★ ★ ★ ★



أنواع عديدة من الكائنات الحية الدقيقة والتى تتضح فى اللون الأخضر الذى تتلون به هذه الأحياء الدقيقة الممثلة فى الأفراد البكتيرية والتى تحاول أن تتأقلم مع الظروف البيئية المتغيرة هادفة من ذلك إلى الحفاظ على نوعها واستمرارية حياة أفرادها ، تتعرض الأفراد البكتيرية إلى ظروف بيئية قاسية فما يكون منها إلا أن تلف ذاتها بغطاء سميك من مادة جدارها وهو ما يسمى بالتركيب الجرثومى وهو غطاء يسمح لها بأداء العمليات الحيوية وفى الوقت نفسه يحميها من الظروف البيئية المتغيرة والتى قد تؤدى إلى هلاك الكثير من الأفراد البكتيرية ثم عند تحسن هذه الظروف يذوب هذا الغطاء لتخرج البكتيريا حرة تمارس حياتها بكل نشاط وحيوية ، فقد كانت عمليات التأقلم المعقدة تلك من البكتيريا وذلك السلوك الغامض يمثل لغزاً من أسرار الحياة للبكتيريا ولكن مع الدراسات المتقدمة بدأنا نتعامل مع هذا السلوك من منظور أكثر دقة حيث اتجهنا إلى كشف عمليات التشفير الوراثى المتحكمة فى ذلك السلوك وقد أدت النتائج إلى وجود جينات محددة مسئولة عن التشفير لتكوين مكونات هذا الغطاء الجرثومى وإلى تحديد الميقات الصحيح لتكونه والميقات الصحيح لإزالته وتلاشيه ، إذن فعمليات التأقلم كلها تلك تكمن فى تلك الجينات الخاصة بحماية البكتيريا من الظروف البيئية المحيطة بها والقاسية والتى ربما لو لم يتكون هذا الغطاء لأبيدت بلايين البلايين من الأفراد البكتيرية . ما أعجب هذا الجين الذى يوفر لنا حماية لذاتنا وهو بداخل أدق وحدة تركيبه للذات الحيوية ، أقصد الخلية الحية.





يقوم العالم «**كارل توماس**» بدراسة مدى التحكم الجينى فى عمليات النمو فى النبات فى ظل البيئة الفضائية ، وهو بهذا يجيب عن سؤال ملح :

هل يسير التعبير الجينى فى البيئة

الفضائية كما هو فى البيئة الأرضية أم سيختلف ؟

وإن اختلف ما مقدار هذا الاختلاف ، وكيف نستفيد منه ؟

ورغم أن هذه الدراسات ما زالت فى بدايتها ، لكن العلماء يعقدون آمالا كبيرة فى الوصول إلى نتائج جيدة من خلال دراسة تعبير الأطقم الوراثية فى بيئة فضائية .

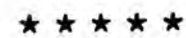
* * * * *

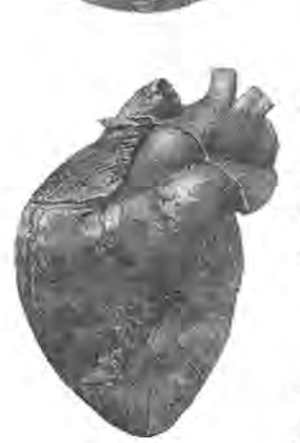


الدنا الوراثى وكيفية تنظيم بنائه داخل النواة ، حيث يتم ذلك من خلال بروتينات متخصصة تعرف بالبروتينات التنظيمية ، والتى لولا وجودها لتعرض الأداء الوظيفى للدنا الوراثى "D. N . A" لعملية اختلال كبيرة ، مما يعرض عملية التعبير الجينى بكاملها إلى الفشل .



تنقسم الخلية حفاظاً على ذاتها بما يعرف بتجدد الخلايا ، حيث يحدث انقسام نووى يكون من نتيجته تكون طاقم وراثى بكل قطب من قطبى الخلية ، ويمثل الطاقم الوراثى فى مثل هذه الحالة صورة من الطاقم الوراثى الأصلى فى الخلية الأمية ، ثم يحدث انقسام خلوى ينتج على أثره خليتان بنويتان تمارس كلا منهما حياتها الطبيعية .





القلب ذلك العضو الذى يمثل النبض المتدفق معلنا عن استمرار الحياة للكائن الحى ، حيث يقوم بضخ الدم إلى جميع خلايا الجسم لتحصل كل خلية على احتياجاتها من الغذاء والأكسجين ، مما يضمن استمرار نشاطها الحيوى ، وعدم تعرضها للتلف والموت .

اتجه باحثو هندسة الجينات إليه لدراسة طاقمه الوراثى ، هادفين من ذلك لتحديد الجينات المسئولة عن كل عملية

تتصل بالقلب ، والتى تشمل :

١ـ التكوين البطينى الأذينى للقلب .

٢ـ التكوين العضلى لعضلة القلب .

٣ـ عمليات تنظيم ومرور الدم من وإلى القلب ، والتى تحتوى على :

ـ استقبال الدم غير المؤكسج (غير المحمل بالأكسجين) من سائر الخلايا.

ـ ضخ الدم لتتم أكسجته إلى الرئتين .

ـ استقبال الدم المؤكسج من الرئتين .

ـ ضخ الدم المؤكسج لسائر الخلايا .

إن دراسة جينوم القلب سيحقق نجاحا كبيرا فى فهمنا للتكوين النسيجى للقلب ، وعلاقة ذلك بالأداء الوظيفى له .

* * * * *



نرى فيما يلى إحدى اللوحات الفنية التى نشرها «**د : هانز**» فى معرض فنى له ، وقد كتب تحتها عبارة تحمل فى ثناياها الكثير :

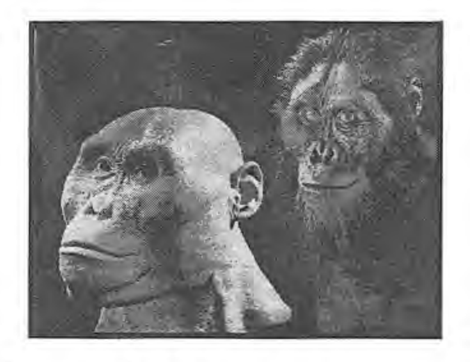
«هل سنحور جينوم القرود لتقوم بجميع المهام، ويستريح الإنسان من عناء العمل، بما فى ذلك التقنيات والعلوم الدقيقة » .

سؤال تعرضه اللوحة وسيجيب عنه العلم مستقبلا .



كنا فى الماضى نعتقد أن السلوك النفسى للإنسان هو انعكاس لترددات كهربية وموجية داخل جسمه .. قد تتوافق مع شخص ما فيحبه ، وقد تختلف مع شخص آخر فيبغضه ، .. لكننا الآن أيقنا أننا نتصرف كما تود جيناتنا أى حسب التعبير الجينى لجيناتنا ، فنحن عندما نكتئب ، نضحك ، نبكى ، نقلق ، نحب ، نمرح ، نبتئس... كل ذلك نابع من جيناتنا .





ما زال لغز الحياة القديمة ، حياة ما قبل التاريخ أى الحياة التى لم تسجل لنا، ومن

ثمَّ فهويتها البيولوجية تكاد تكون مجهولة ، ولولا ما ترك منها فى شكل حفريات لضاعت هويتها تماما .

فى تلك البقايا البيولوجية المتمثلة فى الحفريات ينقب العلماء عن أسرار البيولوجيا فى تلك الحقب القديمة ، من خلال المعلومات الوراثية المحملة فى دنا هذه البقايا ، والذى لايزال موجوداً بها ، لنكشف من أسرارها ما خفى علينا، ونعرف أسلافنا (من سبقونا فى الحياة على هذه الأرض) .

* * * * *

الثروة الحيوانية والتى تمثل مصدراً غذائيا مهما فى حياتنا ، كثيرا ما تصاب بالعديد من الأمراض ، ويقف الطب البيطرى عاجزاً عن معالجتها ، فهل ينجح الطب الوراثى والعلاج بالجينات فى التخلص منها ؟





أحد النباتات التى تمت دراسة طاقمها الوراثى ، والتى وجد أنها تتحمل درجة عالية من الملوحة ، حيث وجد أنَّ جينوم هذا النبات يحتوى على جينات تشفر للتحمل الشديد ضد الملوحة .

يدرس العلماء إمكانية عزل هذه الجينات وتطعيمها فى جينوم نباتات أخرى، وذلك بهدف إكساب هذه النباتات صفة المقاومة ضد الملوحة ، مما سيمكننا مستقبلا من إنتاج العديد من النباتات المقاومة للملوحة ، وهذا سيكون له أثره الواضح فى زيادة حجم الإنتاج النباتى .



إحـدى البـاحـثـات ، وهى تحصل على عينة بيولوجية لتفحصها فى معامل وراثة الدنا القديم، حيث يعقد العلماء آمالا كبيرة فى كشف أسرار بيولوجيا تلك الكائنات الحية من خلال دناها القـــــــــديم Ancient . D. N . A .



هل سنرى ثمرة الفول فى أضعاف طولها الحالى ، والبذور داخلها فى أضعاف أحجامها الطبيعية .. ذلك حلم قرب تحقيقه فى عصر الجينات.

* * * * *



تمثل هذه المستعمرة موطنا لنوع نادر من الطيور ، وقد اتجهت إليه أنظار الباحثين لدراسة جينوم خلايا هذا النوع من الطيور ، وخرطنة هذه الجينات (رسم خرائط وراثية كاملة لهذه الجينات) والتى تشتمل على تحديد :

* نوع الجين .

* موضعه فى الجينوم .

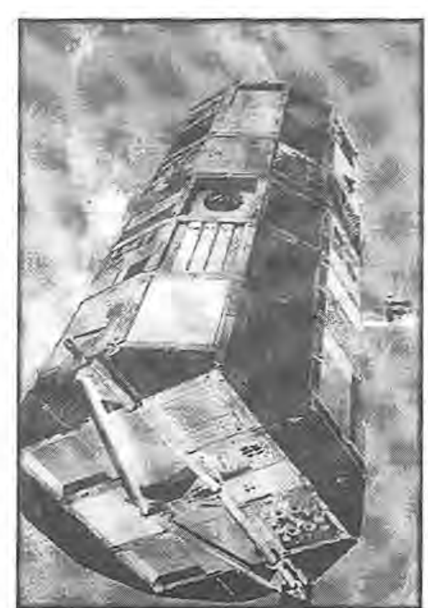
* عدد الجينات .

* درجة التعبير الجينى للجين .

* علاقة الجين بغيره من الجينات .

عمليات الخرطنة والتعرف والعزل لهذه الجينات لا تمثل جهداً عشوائيا لا جدوى منه ، بل هى دراسة أصول وراثية مهمة يمكن أن نستفيد منها فيما بعد، أو هى حفظ لأصل الكائن الحى من الانقراض ، حيث نحفظ الكائن الحى وكل ما يتعلق به ممثلا فى معلومات وراثية محمولة على جيناته ، والتى يمكن حفظها فى بنوك الجينات .





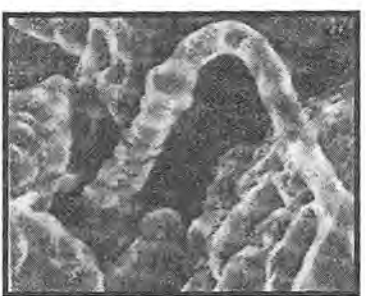
يمثل هذا الشكل معملا فضائيا لتركيب وتخليق الأدوية ، وهو معمل بحثى، وليس معملا إنتاجيا ؛ أى أن الغرض منه دراسة مدى التغير الناتج عند تخليق المواد الدوائية فى الفضاء ، ودراسة تأثيراتها الحيوية بعد ذلك (أثرها فى الكائن الحى) .

يحاول العلماء الآن تطوير معامل جديدة، لتخليق الأدوية المهندسة وراثيا فى البيئة الفضائية ، ومحاولة دراسة الاختلاف فى تغيير تأثير هذه الأدوية فيما بعد فى الكائن الحى .





الحيوانات المنوية تحمل فى مادتها الوراثية نصف المعلومات الوراثية الكافية لتوجيه كافة عمليات التكوين الجنينى وسائر العمليات الحيوية عند حدوث الاندماج مع البويضات .



عند حدوث الاندماج بين الحيوان المنوى والبويضة يحدث اكتمال للطاقم الوراثى فى الخلية الجينية المتكونة ، والذى يوجه كل ما يتعلق بالجنين من عمليات حيوية



جريجور مندل الذى عاش فقيرا ومات فقيرا لكنه أسس علم الوراثة ، والذى انبثقت منه تقنيات الهندسة الوراثية .



جيمس دوى واطسن ، والذى نجح مع رفيقه كريك فى وضع نموذج الدنا الوراثى D. N . A عام ١٩٥٢م مما أحدث طفرة فى أبحاث الوراثة ، وقد نالا على ذلك جائزة نوبل عام ١٩٦٢ م.



الدكتور «**آيان ويلموت**» صاحب أكبر إنجاز فى علمى التكاثر والهندسة الوراثية الإنجابية ، أثار بتجربته عن الاستنساخ الحيوى ، وإنتاج النعجة دوللى ضجة عالمية كبيرة على المستوى العلمى والتقنى ، والمستوى السياسى ، والمستوى الاجتماعى، والمستوى الإعلامى ، والمستوى الدينى .

ورغم ما أنجزه ويلموت ، وبغض النظر عن الآراء المؤيدة لتجربته ، والمعارضة لها ، فإن العالم ينتظر الإجابة عن سؤال ملح :

كيف نستفيد من ويلموت ودوللي ؟

وقد أجاب ويلموت نفسه عن ذلك فى بعض أحاديثه قائلا : «سيمكننا مستقبلا استنساخ (كلونة) أعضاء بشرية كالقلب ، والبنكرياس ، والكبد ، والكلية من خلال تقنيات الاستنساخ الحيوى ، مما سيحدث ثورة طبية هائلة ، كفيلة بالتخلص من الأمراض التى استعصت على البشرية فترات طويلة ، وما زال السؤال مطروحاً :

ماذا بعد الاستنساخ ؟

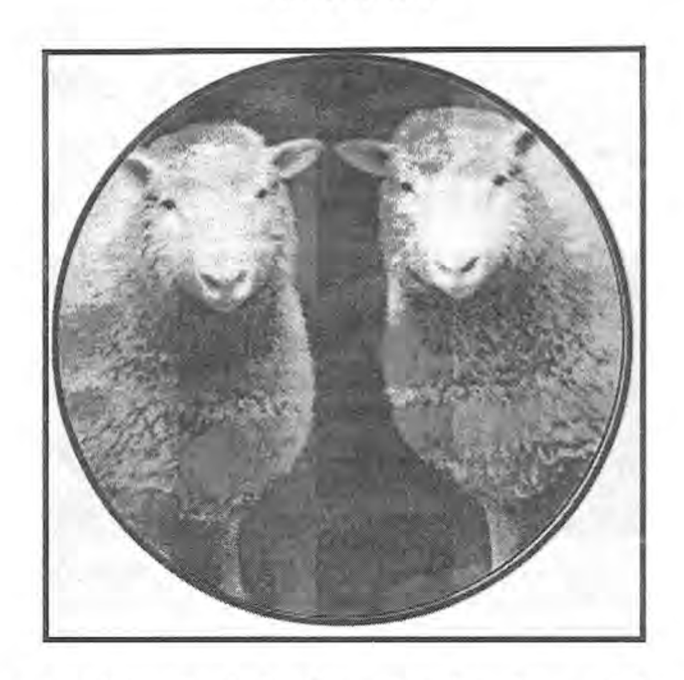




أبحاث عديدة تجرى على جينات نبات القمح ، والذى يمثل مصدراً مهما لرغيف الخبز فى معظم أنحاء العالم ،حيث يدرس العلماء زيادة إنتاج الفدان من حبوب

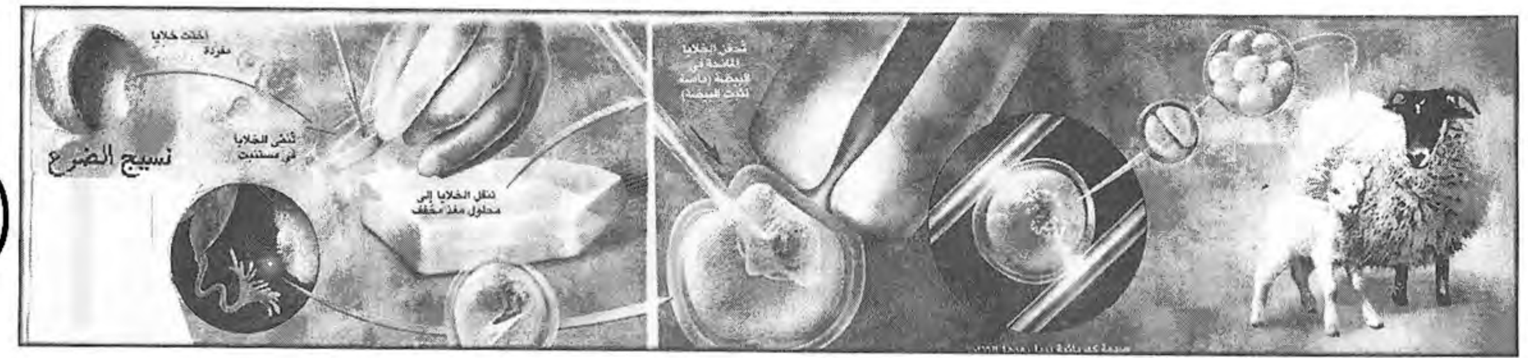
القمح من خلال التحوير الوراثى لجينوم نبات القمح ، مما سيمكننا من زيادة حجم السنبلة ، أو زيادة عدد صفوف الحبوب على السنبلة ، أو زيادة حجم حبة القمح ، مما سيعمل على رفع الإنتاجية من القمح ، مما سيعمل على إنقاذ البشرية من ويلات المجاعات .





دوللى تلك النعجة المستنسخة ، والفريدة بين كل النعاج التى عاشت وستعيش على سطح الأرض ،وضعت البشرية على حافة صراع أخلاقى كبير وأسئلة محيرة ، ورغم صمت العلماء لكن السؤال الذى ما زال مطروحاً هو :

هل سيقودنا نجاح استنساخ دوللى إلى نجاح استنساخ البشر ؟



تقنية إنتاج النعجة دوللى



الفصل السادس عشر

قاموس المصطلحات

(شرح لبعض المصطلحات التي وردت في هذا الكتاب)

وتنتهى جولة المهندس ومعه أحمد وشيماء فى المتحف العلمى ، ويتجه الثلاثة نحو خارج المتحف ، والمهندس يسألهما ما رأيكما ؟

أحمد : ما أروع ما رأينا !

شيماء : لقد رأينا ما لم نتوقع ، فهو أكثر من رائع .

المهندس: إننى سعيد بكما ، وأتمنى لكما مستقبلا عظيمًا ، لتقدما لأمتكما ووطنكما إنجازات علمية يُفتخر بها .

أحمد : مثلما قدم د . أحمد زويل !

المهندس : د. زويل هو البداية لأكثر من واحد يحمل فى عقله طموح د. زويل.

ويودعهما المهندس وهو يلوح لهما قائلا لهما ولشباب مصر كلها

«معكم الله فى عصر لن يتحدث إلا بلغة الجينات»

شرح لبعض المصطلحات الواردة فى الكتاب

المصطلح	الشرح
الجين	جزىء بيولوجى يحمل المعلومات الوراثية داخل الخلية .
الدنا الوراثي : D. N . A	شريط حلزونى مزدوج ملتف حول نفسه تمثل تتابعاته العديدة المادة الوراثية داخل الخلية.
الرنا الوراثي : R. N . A الرنا الوراثي الموصّل : m R. N .A	شريط مفرد يمثل المادة الوراثية لبعض صور الحياة. أحد أنواع الرنا الوراثى يحمل الشفرات من داخل النواة إلى السيتوبلازم حيث تتم صناعة البروتين .
الرنا الوراثي الريبوسومي r R . N. A :	أحد أنواع الرنا الوراثى والذى يمثل موضع عملية البناء البروتينى .
الرنا الوراثي الناقل : t R. N . A	أحد أنواع الرنا الوراثى ،والذى يقوم بنقل الأحماض الأمينية إلى موضعها على الرنا الريبوسومى طبقا للشفرات التى حملها الرنا الموصل .
البروتين	سلسلة من عديد الببتيد مكونة ترابط العديد من الأحماض الأمينية .
الأحماض الأمينية	مركبات كيميائية حامضية تحتوى على مجاميع الأمين NH_2 .
تقنية	التطبيقات المختلفة للعلوم الموجودة .

الشرح	المصطلح
عامل مساعد يعمل على الإسراع من التفاعلات الحيوية أو الكيميائية ، ولا يشترك فى التفاعل.	الإنزيم
عامل بيولوجي يعمل على تنظيم العمليات الحيوية داخل الأنسجة والخلايا.	الهرمون
صناعة نسخة طبق الأصل من مكون بيولوجي معين (كائن حي ، عضو ، نسيج ، خلية ، جين).	الاستنساخ الحيوي «الكلونة»
قدرة الجين على إظهار خصائصه الوظيفية .	التعبير الجيني :
وحدة بناء الدنا الوراثى ، وقد حذفنا الـ (ك) تخفيفًا ، فالأصل نيوكليوتيدة **nucleotide** ، وهى تتكون من قاعدة آزوتية وسكر خماسى منقوص الأكسجين ومجموعة فوسفات .	نيوتيدة
سكر يتكون من خمس حلقات وينقص ذرة أكسجين عن مثيله فى الرنا الوراثى .	سكر خماسي منقوص الأكسجين
سكر يتكون من خمس حلقات ، ويدخل فى تركيب الرنا الوراثى ، وهو يزيد ذرة أكسجين على مثيله الداخل فى تكوين الدنا الوراثى .	سكر خماسي مكتمل الأكسجين
استخدام الجينات فى علاج العديد من الأمراض ، سواءً كانت أمراض نبات أو حيوان أو إنسان .	العلاج بالجينات

المصطلح	الشرح
عطب خلوي	إصابة الخلية باختلال فى أدائها الوظيفى .
طاقم وراثي «جينوم» :	المحتوى الكلى للخلية من الجينات.
دنا مزدوج Helix . D. N . A :	شريط دنا وراثى يتكون من شريطين مفردين مترابطين معًا مزدوجين.
تيلو مير	الجزء الموجود فى طرف الكروموسوم ، والذى يمثل الساعة البيولوجية الحاكمة لمعدل انقسام الخلية الحية .
كروموسوم :	جزىء بيولوجى يتواجد داخل الخلية الحية حاملا الدنا الوراثى ، ولكل نوع عدد ثابت من الكروموسومات يميزه .
إخصاب	اتحاد المشيج المذكر «حيوان منوى أو حبة لقاح» مع المشيج المؤنث «بويضة» .
إخصاب خارج الرحم	حدوث الإخصاب خارج المكان الطبيعى داخل أنبوبة اختبار ، أو ما يمكن أن تتوافر فيه بيئة مناسبة للإخصاب .
خلية جسمية	خلية ناضجة متخصصة فى أدائها الوظيفى .
خلية جنينية	خلية غير ناضجة وغير متخصصة فى أدائها الوظيفى .
أمشاج	هى العوامل التناسلية ، والتى بالتقائها يحدث الإخصاب مثل الحيوان المنوى ، البويضة ، حبة اللقاح.

الشرح	المصطلح
الخلية الجنينية الأولى المتكونة من حدوث الإخصاب.	زيجوت
العدد الكروموسومى للخلية نصف العدد الكروموسومى للخلية الأم .	١ ن
العدد الكروموسومى للخلية يمثل نفس العدد الكروموسومى الطبيعى «للخلية الأم» .	٢ن
خيوط تتدلى من قطبى الخلية لشد الكروموسومات المنفصلة نحو الأقطاب.	خيوط المغزل
ظهور الخلايا فى حالتها النهائية التخصصية بعد مرورها بمراحل مختلفة لتصل إلى حالة التكشف ، حتى تصبح متخصصة بعد ذلك .	تكشف الخلايا
تكون جلطة بالأوعية الدموية التى تغذى المخ ، مما يجعل ذلك يحدث ضغطاً على الخلايا العصبية المكونة لمراكز التحكم فى المخ، مما يؤثر على أدائها .	سكتة مخية
مجموعة من الإنزيمات متخصصة فى إصلاح ما يصيب الدنا الوراثى D . N . A من عطب.	إنزيمات إصلاح
تغير فى تركيب الدنا الوراثى يؤدى إلى تعطيل التعبير الجينى.	طفرة
العوامل المحدثة للطفرات سواء كانت طبيعية أم صناعية.	مطفرات

المصطلح	الشرح
إيلاج جيني	إدخال جين ما داخل جينوم الخلية الحية.
تطعيم جيني	إضافة جين ما لجينوم ما .
الدنا المطعم	دنا وراثى مضاف تتابع نيوتيدى لم يكن متواجداً به.
حرب الجينات	استخدام الجينات المرضية كأسلحة فتاكة بتحميلها فى جينوم بعض الكائنات الحية كالحشرات والبكتيريا .
جين مرضي	جين يؤدى تعبيره عن نفسه إلى حدوث اختلالات فى الأداء الخلوى الوظيفى والعمليات الحيوية داخل الخلية الحية.
استئصال جيني	نزع جين ما من جينوم خلية ما .
جين مضاد	جين يعمل على إيقاف أو تثبيط التعبير الجينى لجين آخر .
جين معيب	جين لا يمكنه التعبير الجينى بالمعدل الطبيعى لإصابته بالاختلال .
عطب جيني	إصابة الجين باختلال فى تركيبه يؤثر على أدائه .
الحد الحرج من طاقة الجين	المدى من الطاقة الكافى لتعبير الجين عن نفسه بصورة طبيعية.
كمون جيني	وجود الجين داخل الجينوم وعجزه عن التعبير عن نفسه.

المصطلح	الشرح
منشطات جينية	مواد معينة تعمل على تنشيط التعبير الجينى ، وقد تكون مواد كيميائية أو جينات .
تبلر	تحول المادة لبللورات .
رابطة	شيء ما يربط بين مكونين .
رابطة كيميائية	رابطة تتكون بين ذرتين لتكوين مركب ما .
ذرة	وحدة تكوين وبناء المادة ، وهى المسئولة عن التفاعلات الكيميائية .
إلكترون	جسيم يوجد سابحًا حول نواة الذرة ، وإليه يرجع كل ما للذرة من علاقات مع ما يحيط بها ، وهو سالب الشحنة .
الفقد الإلكتروني	فقد الذرة لإلكترون أو أكثر من ميراثها الإلكترونى .
الاكتساب الإلكتروني	اكتساب الذرة لإلكترون أو أكثر من ميراثها الإلكترونى .
الاستقرار الكيميائي	الحالة التى تكون فيها الذرة مستقرة فلا تفقد أو تكتسب إلكترونات.
العلاقة الإلكتروجينية	استخدام الإلكترونات فى مجال التقنيات الجينية .
شفرة	شيء سرى يعبر عن مضمون أو معنى ما .

الشرح	المصطلح
تركيب من ثلاثة أحماض أمينية يحكم تكوين بروتين محدد.	شفرة وراثية
وجود شفرة واحدة للحامض الأمينى فى جميع الكائنات الحية.	عمومية الشفرة
أكثر من سلسلة ببتيدية مترابطة معا بروابط كيميائية .	عديد الببتيد
سلسلة من الأحماض الأمينية المترابطة بواسطة الروابط الببتيدية.	سلسلة ببتيدية
تساوى طرفى (تكوين النواتج ، تفاعل المواد الداخلة فى التفاعل) التفاعل الكيميائى الحادث مما يؤدى إلى حالة استقرار.	اتزان
قاعدة آزوتية تدخل فى تركيب الدنا الوراثى D. N . A .	أدنين
قاعدة آزوتية تدخل فى تركيب الدنا الوراثى D. N . A .	جوانين
قاعدة آزوتية تدخل فى تركيب الدنا الوراثى D. N . A .	سيتوزين
قاعدة آزوتية تدخل فى تركيب الدنا الوراثى D. N . A	ثايمين
قاعدة آزوتية تدخل فى تركيب الرنا الوراثى R. N . A .	يوراسيل
حدوث ترابط على طول شريطى الدنا الوراثى المفردين	الإزدواج الدناوي :

الشرح	المصطلح
لينتج دنا مزدوج.	
جسيم ذرى سابح حول النواة ، ومسئول عن العلاقات المختلفة التى تدخل فيها النواة .	إلكترون
عمليات الهدم والبناء المختلفة التى تتم داخل الخلية الحية .	أيـض
تكون شريطين من شريط الدنا الوراثى حتى يتضاعف.	تناسخ
نقل الشفرات الوراثية من على الدنا الوراثى فى النواة إلى الرنا الريبوسومى فى السيتوبلازم بواسطة الرنا الموصل .	نسخ
صناعة نسخة طبق الأصل من مكون بيولوجى ما .	استنساخ
القدرة على بذل شغل.	طاقة
الطاقة الكامنة اللازمة لجعل الشىء قادرا على إحداث حدث ما سواء كان تفاعلا كيميائيا أم غير ذلك .	طاقة التنشيط
كائنات حية تكون فيها النواة واضحة ومميزة ، ومحاطة بغشاء نووى ، وذات مكان ثابت فى الخلية .	الكائنات الحية مميزة النواة
كائنات حية تكون فيها النواة سابحة فى السيتوبلازم غير ثابتة فى موقع ما ، وغير محاطة بغشاء نووى.	الكائنات الحية لا مميزة النواة
ثلاث قواعد آزوتية توجد على شريط الرنا الناقل تتكامل	الشفرة المكملة

المصطلح	الشرح
	مع الشفرة الثلاثية على الرنا الريبوسومى ، ومن ثمّ يتم وضع الحامض الأمينى فى مكانه الصحيح على شريط الرنا الريبوسومى بواسطة الرنا الناقل .
رابطة هيدروجينية	نوع من الروابط ينشأ بين ذرة الهيدروجين وذرة أخرى سالبة ، وهى رابطة ضعيفة ، وتتواجد على طول شريط الدنا الوراثى حيث تكون رابطة ثلاثية بين الجوانين والسيتوزين C ≡ ≡ ≡ G ، وثنائية بين الأدنين والثايمين T = = =A لكن رغم ضعفها إلاّ أن تجمعها بعدد كبير يعطى نوعًا من القوة لها .

وبعد :

فهذا كتابى (الهندسة الوراثية للشباب) ، والذى قصدت منه إيضاح رؤيتى لذلك القرن المهندس وراثيا ، أعنى القرن الحادى والعشرين ، والذى سيشهد صراعًا عنيفا بين الديناصورات العلمية القائمة ، والتى ستحاول أن تدافع عن وجودها ، وبين الدول النامية أو بعض الدول النامية ، والتى ستحاول أن تدفع بنفسها لتلحق بالركب التقنى الهائل السرعة والشديد الخطورة ، فليت شبابنا يدرك ذلك ، ويوقن أن العصر القادم لا مكان فيه إلا لمن سيمتلك آليات العلم ، وبخاصة تقنيات الهندسة الوراثية .

والله الموفق

عبد الباسط الجمل

المراجع

أولا : المراجع العربية

١- الهندسة الوراثية للجميع ، ترجمة د . أحمد مستجير (القاهرة - الهيئة العامة للكتاب - مكتبة الأسرة - ١٩٩٦م)

٢- د: عبد الباسط الجمل : أسرار علم الجينات (القاهرة ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، مكتبة الأسرة ، ١٩٩٧م)

٣- الشفرة الوراثية للإنسان (الكويت ، المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب ، ١٩٩٧م).

٤- د. منير الجنزورى : القصة الكاملة للاستنساخ (القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٩٨م).

٥- د. عبد الباسط الجمل : ما بعد الاستنساخ (القاهرة . دار غريب ، ١٩٩٨م).

٦- جينا كولاتا : الطريق إلى دوللى ، ترجمة د : أحمد مستجير (القاهرة ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ١٩٩٨م).

٧- د. عبد الباسط الجمل : عصر الجينات ، (القاهرة ، دار الرشاد ، ١٩٩٨).

٨- د. أحمد مستجير وآخرون : ثورات فى الطب والعلوم (الكويت المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب ، سلسلة عالم المعرفة ، ١٩٩٩م).

٩- د. عبد الباسط الجمل : العلاج بالجينات بين الحقيقة والخيال (القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ١٩٩٩).

ثانيا : المراجع الأجنبية :

1- Cancer and mollecular genetics ... John - S and others (U. S.A 1996).

2- Carey J . Etal "The Biotechnology Century in business - week, 10 - march - 1997).

3- H.M. D. Gevery : genetics and The future (London - G, hill Company

4- H. Geme : Economics of gonetics (U.S.A - M. L . D Company - 1999).

5 - W . V . Franklin : genetics and environment (London - LTD - Company - 1999).

6- V. Crige new directions in genetics (U . S. A - group of Scientific papers - 1999).

الندوات والمؤتمرات :

١- ندوة الهندسة الوراثية ومصير الإنسان (القاهرة ، المجلس الأعلى للثقافة ، ١٩٩٨م) .

٢- ندوة الهندسة الوراثية والأمراض المستعصية (القاهرة ، معرض القاهرة الدولى للكتاب ، ١٩٩٨م) .

٣- مؤتمر التطبيقات والاستخدامات الطبية لهندسة الجينات (القاهرة - جامعة عين شمس ، ١٩٩٨م).

٤- مؤتمر مستقبل علوم الوراثة والهندسة الوراثية فى العالم العربى (القاهرة - جامعة القاهرة - ١٩٩٨م).

٥- ندوة : ماذا بعد دوللى (القاهرة - ملتقى الشباب - ١٩٩٨م).

٦- ندوة بنوك الجينات وأصولنا الوراثية (القاهرة - جمعية علوم المستقبل ١٩٩٩م).

٧- ندوة : كيف سيفكر الشباب فى عصر الهندسة الوراثية (القاهرة - جمعية علوم المستقبل- ١٩٩٩) .

٨- ندوة الجينات لغة القرن القادم (القاهرة ، مركز شباب الجزيرة - ١٩٩٩م).

الفهرس

الهندسة الوراثية

القفزات العلمية لا تتوقف عند حد! .. والطفرات متواصلة، يحاول الإنسان لاهثًا أن يلحق بها، حتى أصبح من الصعب أن يتوقع المرء ما يمكن أن يحدث مستقبلاً بين عشية أو ضحاها.

ومن الاستحداثات العلمية التى أخذت بتلابيب العقول ما أسماه العلماء «الهندسة الوراثية».. تلك الصيحة التكنولوجية التى تمكن الإنسان من التحكم فى سلوكيات الكثير من المخلوقات التى سخرها الله لخدمته فى هذه الحياة، وأعطاه الحرية ليستفيد منها قدر استطاعته من خلال العقل الذى وهبه له.

إن المستقبل البشرى فى القرن الحادى والعشرين - كما يبدو للجميع - هو لتقنيات الهندسة الوراثية، التى عن طريقها يمكن للإنسان أن يستفيد بها استفادة عظمى فى مجال تحديث أنواع النبات والحيوان والوصول إلى أقصى عائد اقتصادى، وكذلك فى مجال البيئة حيث يمكن تسخير أنواع من البكتيريا لتطهير الماء والهواء من الملوثات التى أرهقت حياة البشر، وكذلك فى مجال الطب والعلاج والدواء وغير ذلك من المجالات.

ولعله من الأهمية بمكان أن يلم القارئ العربى إلمامًا كاملاً بكل ملابسات هذا الموضوع الحديث حتى يمكن له أن يواكب التطوارت العصرية وأن يعرف كل إيجابيات وسلبيات المرحلة التى نعيشها، ومن ثم كان تقديمنا لهذا الكتاب الذى أعده شابٌ نابه من سدنة العلم، درس وبحث وسافر وضحى بوقته وجهده ليُسهم فى مزيد من الأبحاث والدراسات ثم ينقل أحدث النتائج إلى أقرانه من الشباب الواعد الباحث عن الأفضل دائماً.

والكتاب يقدم مجموعة كبيرة من المعلومات عن الهندسة الوراثية والجينات والثورات التى أحدثتها واستخدامها فى المجالات المتعددة، كما قدم للعديد من إيجابيات وسلبيات الهندسة الوراثية.. نرجو أن يحقق الكتاب الفائدة المرجوة لكل شاب ولجميع القراء.

الناشر

ISBN 977-271-452-3

